This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

UC-NRLF
$B 271 171

Aus Natur und Geisteswelt

720

K. Ziegler und S. Oppenheim

Weltuntergang

in Sage und Wissenschaft

B. G. Teubner · Leipzig · Berlin

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt“

nunmeh
in abgef
richt d
füllen f
skizzenh
Mündig
sicherster
schaft bi
richten.
Gesich
Berufsa

Die
läſſige
des geiſ
dem im
auf de
Dienſt
Anfang
ſich an

So
Hälfte
die Sam
gefunder

Alles
die Freu
den mar

gen“
nter-
nd er-
noch
geiſtig
ſſe an
Wiſſen-
unter-
, den
n der

uver-
iebiete
n auch
n, ſich
n den
ſe von
thend,

ls die
nt hat
planen

ignet,
ietrag,
, auch

B. G. Teubner

gebieten geordnetes Verzeichnis, Leipzig, Poststraße 3/5

OTTO HARRASSOWITZ BUCHHANDLUNG

Zur Mathematik und Astronomie

sind bisher erschienen:

Einführung in die Mathematik.

Einführung in die Mathematik. Von Studienrat W. Mendelssohn. Mit 42 Figuren im Text. (Bd. 503.)

Arithmetik, Algebra und Analysis.

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat P. Crantz. 2 Bände. I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 8. Aufl. Mit 9 Figuren im Text. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 6. Aufl. Mit 21 Textfiguren. (Bd. 205.)

Lehrbuch der Rechenvorteile. Schnellrechnen und Rechenkunst. Mit zahlreichen Übungsbeispielen. Von Ing. Dr. phil. J. Boska. (Bd. 799.)

Kaufmännisches Rechnen zum Selbstunterricht. Von Studienrat K. Dröll. (Bd. 724.)

Einführung in die Infinitesimalrechnung. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. 3., verbesserte Aufl. Mit 18 Figuren. (Bd. 197.)

Differentialrechnung unter Berücksichtigung der prakt. Anwendung in der Technik, mit zahlr. Beispielen u. Aufgaben versehen. Von Privatdozent Studienrat Dr. M. Lindow. 4. Aufl. Mit 50 Fig. und 161 Aufgaben. (Bd. 367.)

Integralrechnung unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik mit zahlreichen Beispielen und Aufgaben versehen. Von Privatdozent Studienrat Dr. M. Lindow. 3. Aufl. Mit 43 Figuren im Text und 200 Aufgaben. (Bd. 673.)

Differentialgleichungen unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik, mit zahlr. Beispielen u. Aufgaben versehen. Von Privatdozent Studienrat Dr. M. Lindow. Mit 38 Figuren im Text und 160 Aufgaben. (Bd. 589.)

***Vektoranalysis.** Von Privatdozent Dr. M. Krafft. (Bd. 677.)

Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Von Geh. Reg.-Rat Prof. E. Hegemann. Mit 11 Fig. i. Text. (Bd. 609.)

Geometrie.

Planimetrie zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat Prof. P. Crantz. 9. Aufl. Mit 94 Figuren im Text. (Bd. 340.)

Ebene Trigonometrie zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat Prof. P. Crantz. 8. Aufl. Mit 50 Figuren im Text. (Bd. 491.)

Sphärische Trigonometrie zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat Prof. P. Crantz. Mit 27 Figuren im Text. (Bd. 603.)

Analytische Geometrie der Ebene zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat Prof. P. Crantz. 8. Aufl. Mit 55 Figuren im Text. (Bd. 504.)

Einführung in die darstellende Geometrie. Von Prof. P. B. Fischer. Mit 59 Fig. im Text. (Bd. 541.)

Angewandte Mathematik.

Praktische Mathematik. Von Prof. Dr. A. Neuendorff. 2 Bde. I. Teil: Graphische Darstellungen. Verkürztes Rechnen. Das Rechnen mit Tabellen. Mechanische Rechenhilfsmittel. Kaufm. Rechnen im tägl. Leben. Wahrscheinlichkeitsrechnung. 3. Aufl. Mit 29 Fig. im Text u. 1 Tafel. (Bd. 341.) II. Teil: Geometrisches Zeichnen, Projektionslehre, Flächenmessung, Körpermessung. Mit 193 Figuren. (Bd. 526.)

Die Rechenmaschinen und das Maschinenrechnen. Von Regierungsrat Dipl.-Ing. K. Lenz. [2. Aufl. erschien außerhalb der Sammlung.]

Geometrisches Zeichnen. Von akad. Zeichenlehrer A. Schubeisth. Mit 172 Abb. im Text und auf 12 Tafeln. (Bd. 564.)

Projektionslehre. Die rechtwinklige Parallelprojektion und ihre Anwendung auf die Darstellung technischer Gebilde nebst einem Anhang über die schiefwinklige Parallelprojektion in kurzer leichtfaßlicher Darstellung für Selbstunterricht und Schulgebrauch. Von akad. Zeichenlehrer A. Schubeisth. 2. Aufl. Mit 165 Abbildungen im Text. (Bd. 564.)

Die Grundzüge der Perspektive nebst Anwendungen. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Doehlemann. 2. Aufl. Mit 91 Figuren und 11 Abbildungen. (Bd. 510.)

QB991
Z5

Schutzformel für die Vereinigten Staaten von Amerika:
Copyright 1921 by B. G. Teubner in Leipzig

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten

Vorwort.

An die Stelle des Bandes „AMuG" 470 von M. B. Weinstein („Der Untergang der Welt und der Erde in Sage und Wissenschaft" 1914) tritt das vorliegende neue Buch, dessen Bearbeitung auf Wunsch der Verlagsbuchhandlung die beiden Unterzeichneten derart übernahmen, daß der eine sich das Referat über die Weltuntergangsmythen, der andere das über die gegenwärtig in der Wissenschaft herrschenden Ansichten über die Möglichkeit eines Weltunterganges zueignete. Der reichhaltigen Materialsammlung Weinsteins verdankt die erste Hälfte der vorliegenden neuen Behandlung des Themas viel. Auch die Einteilung des Stoffes in diesem Teil konnte beibehalten und die Darstellung — besonders in den rein referierenden Partien — gelegentlich an die ältere Bearbeitung angelehnt werden. Dagegen war für die Durchdringung und historische Verknüpfung des mythischen Stoffes sowie für die rein wissenschaftlichen Ausführungen der zweiten Hälfte fast durchweg neue Arbeit zu tun. Freilich nötigte hier der vorgeschriebene Umfang zur Beschränkung.

Breslau-Wien, Januar 1921.

K. Ziegler. S. Oppenheim.

639521

nach von Wandlungen der Welt, Zerstörungen der Welt und von Vergehen der Welt sprechen, und werden die Welt bald so weit fassen wie das All, bald so eng wie die Heimat der Menschen oder gar wie die eines einzelnen Volkes oder eines Wildenstammes. Doch lassen sich diese Gesichtspunkte nur ganz ungefähr durchführen, wenn man es vermeiden will, daß das Material zerstückt wird und empfindliche Risse in die Betrachtung kommen. In sie einbezogen ist die ganze Menschheit, vom naivsten Naturmenschen bis zum raffiniertesten Kulturmenschen. Diese Erstreckung von einem Kulturpol zum andern verleiht der Betrachtung einen eigenen Reiz.

An den historischen Teil, die Übersicht der Weltuntergangsmythen einschließlich der auf den Gegenstand bezüglichen philosophischen Spekulationen des Altertums, schließe sich als zweiter Teil die moderne, rein wissenschaftliche Auffassung des Problems an ohne Rücksichtnahme auf religiöse oder philosophische Erwägungen. In ihm haben besonders zwei Disziplinen das Wort, die Physik und die mehr mathematische Astronomie. Beiden handelt es sich dabei vornehmlich um die Tragweite der von ihnen aus den Beobachtungen abgeleiteten Naturgesetze. Haben sie, sowie sie den Verlauf alles gegenwärtigen Geschehens beherrschen, auch für alle Zeiten der Vergangenheit und der Zukunft gleiche unveränderliche Gültigkeit? Physikalisch-mechanische Gesetze sind, wie Helmholtz sagt, Teleskope unseres geistigen Auges, sie dringen in die fernste Nacht der Vergangenheit und Zukunft. Ob dies Eindringen aber mit einiger Sicherheit der Ergebnisse erfolgt oder nicht, dies zu beurteilen fehlt zur Zeit noch jeder Maßstab, jede Möglichkeit einer Prüfung. Nicht alles, was in diesem Teil vorzutragen ist, kann daher als gesichertes Gut bezeichnet werden, trotzdem aber auch nicht als eine müßige Spekulation. Indem es sich auf das Vertrauen in die unabänderliche Gesetzmäßigkeit der Natur gründet, und da dieses Vertrauen sich bisher stets gerechtfertigt hat, je tiefer das Eindringen in den Zusammenhang der Naturerscheinungen erfolgte, ist Untersuchungen dieser Art doch nicht ein wissenschaftlicher Wert abzusprechen.

I. Der Weltuntergang in der Sage.

Die Frage: „Woher kommt alles das, was uns umgibt?“ stellt sich beim naiven Menschen eher ein als die andere, entsprechende: „Was wird aus dem allen?“ Dieser durch Beobachtung Naiver leicht zu gewinnende Satz findet seine Bestätigung in der Tatsache, daß das Mythenmaterial über den Weltuntergang bei weitem nicht so reichhaltig ist wie das über die Weltentstehung. Nicht alle Völker, die Weltschöpfungsmythen schufen, haben sich auch über das spätere Schicksal der Welt Gedanken gemacht, und nur wenige haben ihre Gedanken so klar durchgedacht und niedergelegt, daß ein einigermaßen gerundetes Bild von ihren Vorstellungen entworfen werden kann. Darum empfiehlt sich hier statt eines Rundganges durch die Menschheit die Betrachtung der Hauptgesichtspunkte, zu denen sie gelangt ist: sie werden sich als merkwürdig gleichartig erweisen, und zwar nicht allein in der Sphäre des mythischen Denkens, sondern auch in den schon über das Mythische hinausgewachsenen tiefen Spekulationen, in denen griechische und indische Naturphilosophie sich ergangen hat. Wie weit da gleiche Grundlagen und Ausgangspunkte unabhängig voneinander zu gleichen Denkergebnissen geführt, wie weit die Spekulationen auf diesem oder jenem Wege einander beeinflußt haben, das ist im ganzen wie im einzelnen eine äußerst schwierige, hier auf engem Raum besser nicht anzuschneidende Frage. Nur dies sei grundsätzlich gesagt, daß es falsch ist, nur den einen oder nur den andern Erklärungsweg für den allein richtigen zu halten. Das wenigste, was ein Mensch oder ein Volk dichtet und schafft, ist entweder ganz originell oder ganz nachgemacht.

A. Weltzeitalter und Weltperioden.

Vielverbreitet, weil in natürlicher anthropozentrischer Denkweise begründet, ist die Annahme von Weltzeitaltern. Art und Schicksal der Menschen steht bei dieser Betrachtung für den Primitiven immer im Vordergrunde, weil eine Welt ohne Menschen ihn nicht interessiert oder ihm gar nicht in den Sinn kommt. Wenn unsere Historie und Prähistorie Urzeit, Altertum, Mittelalter und Neuzeit unterscheidet und erforscht, von dem Davor

Zeitpunkt. Diese den Ägyptern bekannte kalendarische Sothisperiode wurde von ihnen auch mit Wandlungen des Weltenschicksals in Verbindung gebracht. Die ersten 17 Sothisperioden (d. h. 24820 Jahre) ließen sie durch die Herrschaft der Götter und Halbgötter ausgefüllt sein. Mit dem Jahre 5702 begann nach Manetho, der um 300 v. Chr. eine ägyptische Geschichte in griechischer Sprache schrieb, die Herrschaft der Menschen. Am Anfang einer Sothisperiode ist die Welt geschaffen worden; mit dem Ende einer solchen soll sie untergehen.

Einen (allerdings nicht näher geklärten) Zusammenhang mit Ägypten hat auch die nach dem vielgenannten Vogel Phönix benannte Weltperiode. Schon Herodot hat ihn dem ägyptischen Seelenvogel bennu gleichgesetzt, der in ägyptischen Quellen bald als „Seele des Ra", bald als „Seele des Osiris" bezeichnet wird und im Sonnentempel zu Anu (On=Heliopolis) göttliche Verehrung genoß. Dort erschien er alle 500 Jahre, und mit seinem Erscheinen brachte man große welthistorische Wendepunkte in Verbindung. Nach einer Quelle soll jedesmal nach Ablauf einer Phönixperiode ein neuer Kreislauf der Sterne und Zeiten beginnen. Neben der meistgenannten Zahl von 500 Jahren für die Phönixperiode werden anderwärts 540, 654, 1000, 1461 (d. i. die ägyptische Sothisperiode), 7006, 12954 Jahre, einmal 972 Menschenalter angegeben. Ein klares Bild ist aus der ganz verwirrten und zersplitterten Überlieferung über dieses mystische Vogelwesen und seine Periode nicht zu gewinnen. Doch hat die ägyptische Auffassung dieser Perioden insofern jedenfalls eine kosmische Bedeutung, als sich mit ihr die Idee der Wiederkehr alles Gewesenen, der Apokatastase, verband. Die Ägypter sprechen von der „Wiederholung der Geburten", der „Geburt der Erscheinungen", der „Erinnerung des Lebens". Mehr darüber im Absatz E.

Bei anderen Völkern finden wir eine schärfere Kennzeichnung der Weltperioden. Die erste Weltperiode der Eranier ist eine paradiesische Zeit wie in der Bibel und bei Hesiod. Da lebt Yima (Firdusi nennt ihn Dschemschid, den Glänzenden) mit seiner Nachkommenschaft in reiner Glückseligkeit. Wird die Erde zu eng, so braucht er nur zu sagen „Erde, dehne dich", und sie wächst alsbald, so daß sie den Menschen genügenden Raum bietet. Der

Sündenfall dieses persischen Adam — höchst charakteristisch für das Volk, zu dessen ersten sittlichen Idealen die Wahrhaftigkeit gehört — besteht in einer Unwahrheit. So beginnt für ihn die Zeit der Mühsal. Eine andere Version erzählt von dem ersten Menschenpaar Mashiah und Mashianah. Sie leben paradiesisch, bis sie sich verführen lassen, Ahuramazda die Schöpfung abzuerkennen und zu sprechen: „Angromainjus hat Wasser, Erde, Bäume, Tiere und das übrige geschaffen." Da verlieren sie das unschuldfrohe Dasein und verfallen mit allen Nachkommen der Not. Die Dauer der Perioden ist genau abgegrenzt; vier Perioden von je 3000 Jahren gibt es, so daß also die ganze Weltzeit sich auf 12000 Jahre bemißt. Die ersten 3000 Jahre besteht die Welt nur als Idee, die zweiten 3000 Jahre in körperlicher Gestaltung, aber noch unangefochten von dem bösen Prinzip. Diese 6000 Jahre sind die reinen Jahre der Welt, in denen Ahuramazda allein regiert. Dann kommen 3000 Jahre schweren Kampfes zwischen ihm und dem Bösen, bis in der letzten 3000-Jahr-Periode Angromainjus allmählich besiegt wird und damit die Welt ihren Zweck erfüllt hat. Es folgt das Jüngste Gericht, siehe Absatz D.

Weit über diese begrenzten Zeiträume hinaus hat sich die indische Phantasie geschwungen. Nach buddhistischer Lehre rollt das Schicksal des Universums in regelmäßigen Perioden des Untergangs und der Erneuerung ab. Diese Perioden heißen Kalpas. Der ganze Zeitraum, der das Nichtsein und das Sein einer Welt bis zu ihrer Vernichtung und zum Beginn einer neuen Weltbildung umfaßt, heißt ein „großer Kalpa". Er zerfällt in vier „unberechenbare" („Asankhya"-) Kalpas. Der erste ist der Kalpa der Auflösung oder Vernichtung, der zweite der Kalpa der Fortdauer der Vernichtung oder der leere Kalpa; es folgt der Kalpa der Wiederherstellung und endlich der Kalpa der Fortdauer der Wiederherstellung oder der Stabilität. Mit dem Augenblick, wo die Vernichtung wieder hereinbricht, beginnt der neue „große" Kalpa. Die Länge eines Kalpa hat man zuerst durch Gleichnisse veranschaulicht; z. B. wenn man einen Felsen von 16 Meilen im Geviert alle 100 Jahre mit dem feinsten Gewebe von Benares berührt und er durch diese unmerkliche Reibung schließlich auf die Größe eines Mangokerns zusammengeschwunden ist, so ist doch noch kein Kalpa vorbei. Später hat man seine Länge

zelheiten voneinander abweichen. Die Grunderzählung stammt von dem sogenannten Jahvisten (bei dem Gott den Namen Jahve führt); in sie ist die sogenannte elohistische Darstellung (in der Gott stets Elohim genannt wird) hineingearbeitet. Die jüngere, elohistische Erzählung ist im allgemeinen detailreicher. Sie macht genaue Angaben über den Bau des Schiffes Noahs und über die Zeiten des Steigens und Fallens der Gewässer; sie öffnet nicht nur die Gitter des Himmels, sondern läßt auch die Sprudel des Ozeans aufbrechen, während der Jahvist sich mit einem 40 Tage und 40 Nächte währenden Regen begnügt. Auch bei der Beschreibung der Tiere, die Noah mit ins Schiff nimmt, sind Unterschiede. Die schöne Schilderung von der dreimal ausgesandten Taube (vorher ein Rabe) steht nur bei dem Jahvisten. Die stärkste Abweichung zeigt sich am Schluß. Bei dem Jahvisten errichtet Noah einen Altar und bringt ein Brandopfer, und Jahve, als er den angenehmen Duft riecht, beschließt im Wohlbehagen darüber, künftig die Erde nicht mehr zugrunde zu richten um der Menschen willen. Bei dem Elohisten fehlt das Opfer mit seiner primitiven Gottespsychologie, dafür wird umständlich der Bund erzählt, den Elohim mit Noah und seinen Söhnen nach dem Verlassen des Schiffes schließt, und als dessen Zeichen Gott den Regenbogen in den Wolken errichtet. Man sieht, da ist mit vollem Bedacht das einem gereinigten Gottesbegriff unerträgliche primitive Zubehör der alten Sage gestrichen und stattdessen die Sintflut zum Ausgangspunkt der jüdischen Geschichte gemacht, der Bund Gottes mit seinem auserwählten Volk gleich an den Beginn der neuen Zeit, nach der Weltvernichtung, gerückt. Beiden altjüdischen Berichten gemeinsam ist die starke Betonung des moralischen Moments, daß die Sintflut ein Strafgericht Gottes über die sündige Menschheit darstellt.

Die biblische Flutsage ist in der Folge viel ausgeschmückt worden. Die alten Rabbinen und die Verfasser der apokryphen Schriften haben neue Züge eingefügt, teils um die Verschuldung der Menschen noch schärfer hervortreten zu lassen, teils um den Haupthelden mehr zu kennzeichnen, der von Gott zum Warner der Menschen aufgerufen ward. Eine Version weiß zu berichten, daß die Sintflut nicht nur eine Wasserflut gewesen sei, sondern auch ein Feuerregen, der eigentlich die Vernichtung vollendete.

Gott läßt erst die Wasser von unten steigen, doch die Menschen decken die Quellen und Brunnen mit Eisenplatten oder gar mit ihren Kindern zu. Nun schickt Gott einen furchtbaren Regen von oben, aber auch der kann den Menschen nicht beikommen, so groß und stark sind sie. Da ergießt Gott einen Feuerregen über die Erde, und in diesem verbrennt alles. Solche Feuerregen werden auch sonst berichtet. Im Koran, Sure 11, Vers 42, wird wenigstens vom Sieden des Wassers für die Flut gesprochen. In dem apokryphen Buche Henoch wird die Flut an die Sünde der „Söhne der Göttlichen", die aus alten Ursagen in die Bibel hereinragen, geknüpft. Noah sieht, daß die Erde sich senkt und ihr Verderben nahe ist, und läuft an das Ende der Welt, seinen Großvater Henoch zu befragen: „Sage mir, was ist mit der Erde, daß sie so mürbe und erschüttert ist? Daß ich nur nicht mit ihr untergehe!" Also hier ist ein Erdbeben der Vorläufer der Katastrophe. Die Arche wird nicht von Noah selbst gebaut, sondern Engel stellen sie für ihn her. Die Erde aber soll sich nach der Flut verwandeln. Nach dem pseudepigraphen „Buche der Jubiläen", einer Art Umarbeitung der Genesis aus der Zeit um Christi Geburt, soll die Flut in den Tagen Henochs stattgefunden haben. Nach der Apokalypse Baruch sind in der Flut auch die von den Engeln abstammenden 4090000 Giganten untergegangen und haben die Wasser auch das Paradies überschwemmt und dort alle Blüten vernichtet. Den Weinstock haben sie dort ganz herausgerissen und in die Menschenlande gespült, wo ihn Noah fand und mit Erlaubnis Gottes den bekannten Gebrauch von ihm machte. So freundliche Wendungen kommen gelegentlich in eine in ihrem Wesen so furchtbare Sage.

Bis vor 50 Jahren stand der hebräische Bericht im Mittelpunkt der Flutsagen. Da veröffentlichte 1873 George Smith als erster die keilschriftlich erhaltene chaldäische Sintflutsage. Der Fund erregte sogleich weit über die Kreise der Gelehrten hinaus und dann noch einmal, ein paar Jahrzehnte später, im Zusammenhang des bekannten „Babel-Bibel-Streites", größtes Aufsehen. Denn durch ihn ist die ganze Bibelkritik auf eine neue Grundlage gestellt worden.

Eigentlich war die babylonische Flutsage längst durch einen Auszug des Kirchenvaters Eusebios aus der babylonischen Ge-

unerschütterlich Offenbarungsgläubige können an der Ursprünglichkeit und Originalität der biblischen Flutsage festhalten.

Hingegen scheint die indische Sintflutsage von der semitischen unabhängig zu sein. Sie liegt uns in zwei Fassungen, einer älteren im Çathapatha-Brahmana und einer jüngeren im Mahābhārata vor. Nach der älteren Fassung findet Manu, der erste Mensch, Sohn des Sonnengottes Vivasvat, im Waschwasser ein Fischlein, das ihn um Pflege bittet: es wolle ihn dafür retten, wenn einst eine große Flut alle Geschöpfe vertilgen werde. Manu hält ihn zunächst in einer Schüssel, dann, da er gewaltig wächst, in einer Grube, endlich läßt er ihn ins Meer, und der Fisch sagt ihm genau die Zeit, zu der die Flut kommen werde, und befiehlt ihm ein Schiff zu bauen. Alles trifft ein, Manu besteigt das Schiff, bindet dessen Tau an das Horn des hilfreich herbeieilenden Fisches und wird von ihm an einem hohen Berge abgesetzt, von dem Manu allmählich, gemäß dem Sinken des Wassers, herabstieg. Er lebte betend und fastend, nach Nachkommenschaft begierig. Aus einem Milch- und Butteropfer, das er brachte, entstand in einem Jahr ein Weib, Idā, der Segensspruch. Mit ihr zeugte er das Geschlecht der Menschen. Die jüngere Fassung ist reicher. Manus Askese wird beschrieben: gesenkten Haupts, nie blinzelnden Auges, übt er furchtbare Buße zehntausend Jahre lang. Ungeheuerliche Maße werden für den Fisch angegeben. Ins Schiff nimmt Manu sieben Seher und Samen jeglicher Art. Die Seefahrt wird ausgemalt: von Orkanen geschüttelt, wirbelt das Schiff wie eine trunkene Dirne. Nach vielen Jahren wird das Schiff am höchsten Gipfel des Himalaja abgesetzt, der davon noch heute Naubandhanam, der Schiffsankerplatz, heißt. Der Fisch gibt sich als Brahman selbst zu erkennen. Und nach seiner Weisung schafft Manu alle Wesen.

Nicht sehr hervortretend ist die Flutsage im eranischen Mythus. Sie entsteht durch das Schmelzen einer Vereisung, von der die Erde heimgesucht wird. Yima, von Ahuramazda gewarnt, schützt sich in einem ummauerten Wohnsitz. Im Bundeheſch wird berichtet, daß der Stern Tistrya die Welt unter Wasser setzt, um die Erde von den Geschöpfen des Angromainjus zu reinigen. Ägyptische Sage berichtet, daß der Urgott Tum die Tiefen öffnete und die Erde überfluten ließ, um alles zu vernichten,

und daß nur diejenigen gerettet wurden, die er in sein Boot aufnahm. Nicht hergehörig, nur der Kuriosität halber erwähnt sei die Sage, daß Hathor, beschäftigt, die Menschen zu vernichten, durch Ra an der Vollendung dieses Werkes gehindert wird, indem er Bier bereiten und über die Erde ausgießen läßt, daß es vier Spannen hoch steht. Hathor schlürft und vergißt darüber die weitere Verfolgung.

Auch die Griechen besaßen schon in früher Zeit Sintflutsagen. Zwar die alten Epiker Homer und Hesiod wissen nichts von ihnen zu berichten, aber Pindar, der große Lyriker des 5. Jahrhunderts v. Chr., spielt auf die Deukalionsage als auf etwas Bekanntes an, und auch andere Zeugnisse weisen uns wenigstens ins 6. Jahrhundert hinauf. In der knappen Fassung des mythologischen Handbuchs, das uns unter dem Namen des Apollodor überliefert ist, lautet die Sage folgendermaßen: Als Zeus das eherne Geschlecht vernichten wollte, zimmerte Deukalion, König von Phthia und Thessalien, auf den Rat seines Vaters Prometheus einen Kasten, schaffte Lebensmittel hinein und bestieg ihn mit seinem Weibe Pyrrha (Tochter des Epimetheus und der Pandora). Zeus ließ einen starken Regen vom Himmel fallen und setzte den größten Teil Griechenlands unter Wasser, so daß alle Menschen umkamen bis auf wenige, die sich auf die nächsten hohen Berge flüchteten. Damals spalteten sich die Gebirge Thessaliens, und alles bis zum Isthmus war eine Wasserfläche. Deukalion trieb in dem Kasten neun Tage und Nächte übers Meer und landete am Parnaß. Da nahm der Regen ein Ende, er stieg aus und opferte dem Zeus, der die Flüchtigen rettet. Zeus schickte Hermes und gab ihm einen Wunsch frei. Er wünschte sich Menschen. Nach Zeus' Wort hob er Steine auf und warf sie über seinen Kopf. Die Steine, die Deukalion selbst warf, wurden Männer, die von Pyrrha geworfenen Weiber. Daher sind im Griechischen die Worte für „Menschen" und „Steine" identisch. Deukalion und Pyrrhas Söhne waren die Stammheroen Hellen und Amphiktyon, ihre Tochter Protogeneia („Erstgeborene"). Andere Berichte nennen statt des Parnaß das Othrysgebirge und lassen nach der Flut Deukalion König von Thessalien werden, wo man später auf dem Markte der Stadt Melitaia das Grab des Hellen zeigte. Noch andere nennen Athos oder Ätna, das

schwunden. Die dritte Kaaba habe Seth, Adams Sohn, aus Kalk und Steinen unter Benützung des berühmten schwarzen Steins gebaut; diesen Bau habe die Sintflut fortgespült, ohne aber den schwarzen Stein selbst anzugreifen. Abraham endlich sei der Erbauer der vierten, heutigen Kaaba.

Eine Art germanischer Flutsage liegt in dem Bericht der jüngeren Edda vor, daß, als die erste Göttertrias Odin, Wili und We den Urriesen Ymir töteten, so viel Blut aus ihm geflossen sei, daß das ganze Geschlecht der Reifriesen darin ertrank, außer dem Riesen Bergelmir, der sich mit seiner Frau in einem Nachen rettet. Aber diese Flut fällt wohlgemerkt vor die Erschaffung der Erde, die danach von Odin, Wili und We bewirkt wird. Dieser germanische Mythus fällt also nicht eigentlich in den Rahmen der hier behandelten Sagen hinein.

Eine keltische Flutsage knüpft die Katastrophe an das Übertreten des Sees Llion, der ganz Britannien überflutete. Das in einem Boot sich rettende Menschenpaar heißt Dwyvan und Dwyvach. Verursacht wird das Austreten des Sees durch ein in ihm wohnendes Untier Avanc (Biber), das endlich von dem Gott Hu Gadarn mit zwei Ochsen Nynniaw und Pebiaw herausgezogen wird.

In der litauischen Flutsage schickt der höchste Gott Pramzimas, ergrimmt über Krieg und Unrecht unter den Menschen, den Wind- und den Wasserriesen hinab. Sie wüten 20 Tage. Da läßt der Gott von den Himmelsnüssen, die er gerade ißt, eine Schale auf den höchsten Berggipfel fallen, auf den einige Menschen und Tiere sich geflüchtet haben, und auf ihr retten sie sich. Die Flut läßt nach, und die Geretteten verteilen sich über die Erde. Ein Paar bleibt in der Gegend, aus der die Litauer stammen. Aber sie sind schon alt und traurig. Da sendet ihnen Gott zum Trost den Regenbogen. Der rät ihnen, über die Gebeine der Erde zu springen. Neunmal springen sie, und neun Paare entstehen, die Ahnen der neun litauischen Stämme. Deutlich ist National-Litauisches und Biblisches in dieser Sage gemischt.

Bei mittelasiatischen und ostasiatischen Stämmen trifft man mehrfach auf Sagen von Überflutungen, aus denen sich Menschen in Nachen, auf Flößen, Baumstämmen u. dgl. oder durch die Flucht auf Berge gerettet haben. Gottheiten spielen

nur selten eine Rolle, und dann meist als Retter. So Wischnu in Kaschmir, das er von der Flut befreit, indem er das umgebende Gebirge öffnet und einen Abfluß schafft, und ähnlich der Gott Gya in Tibet.

Eigentümlich ist die Flutsage der Binna im Innern der Malayischen Halbinsel. Sie meinen, daß die Erde in ihrem Innern von Wasser erfüllt und nur mit einer dünnen Haut überdeckt sei. Sie sei einst von Gott durchstoßen worden, so daß die Welt überflutet wurde und nur ein Menschenpaar in einem Kasten sich rettete und das Menschengeschlecht fortpflanzte. Biblische Einflüsse scheinen vorzuliegen.

Die Kamtschadalen lassen die Sintflut infolge der Entfernung des Schöpfergottes Kutka über die Erde kommen. Wenige Menschen retten sich auf Flößen. Bei den nordasiatischen Wogulen entrinnen einige kluge Riesen dem Verderben auf Booten, die mit langen Seilen an der Erde befestigt sind. In den Flutsagen Turkestans, Afghanistans und Bocharas rettet sich immer ein Paar auf einem Nachen an einen Berg. In Birma hat die Flut bis zum Himmel gereicht, und nur zwei Brüder sind wunderbarlich entkommen. In den Flutsagen der Kolhs in Ostindien (die im übrigen viele biblische Züge aufgenommen haben) wird ein Geschwisterpaar erhalten, das sich entweder unter einem Tirilbaum oder in einem Reisfeld versteckt hat. Der strafende Gott heißt Singbonga. Die Sintflut der Andamanesen (Mincopi), die ihr Schöpfergott Pulugu ohne Warnung über die Sündigen sendet, überleben zwei Menschenpaare, die zufällig zur Zeit der Katastrophe in einem Kahn saßen. Tiere und Vögel schafft Pulugu neu, und der Eisvogel Luaratut bringt den Menschen einen Feuerbrand vom Himmel. Chinesen, Japaner und ostsibirische Mongolen scheinen keine eigentliche Flutsage zu haben; die verheerenden Überschwemmungen des Hoangho sind selbst in sehr alten Berichten nicht mythologisiert.

Auffallend arm an Flutsagen ist der afrikanische Kontinent. In bestimmter Weise sprechen nur die Herero von einer Flut in ihrer früheren Heimat Kaoko, die sie zwang, auf die höchsten Berge zu flüchten, und ihren ganzen Viehstand bis auf einen Stier und eine Kuh vernichtete. Sonst finden sich noch Andeu-

Wogen, bis nach fünf Tagen die Wasser sich verlaufen. Die Nachbarn der Peruaner, die Chibcha, erzählen, daß ihr Gott Bochica (auch Nemquetheba oder Zuhé genannt) ein böses Weib Huythaca (auch Chia oder Yubecayguya) hatte. Sie ließ den Rio Funza durch ihre Zauberkünste so anschwellen, daß er die ganze Hochebene von Cundinamarca überflutete und nur wenige Menschen sich auf die Gipfel der Berge retten konnten. Voll Zorn vertreibt Bochica das Weib von der Erde und verwandelt es in den Mond, während er selbst die Felsumrahmung der Hochebene durchbricht und den Fluß in dem Wasserfall von Tequendama ablaufen läßt.

Unsern Rundgang beschließen wir in Australien, wo auch einige Flutsagen zu verzeichnen sind. Ein Frosch hat alle Wasser ausgetrunken und gibt sie lachend über einen tanzenden Aal so heftig von sich, daß alles überschwemmt wird und nur ein Mensch sich rettet. Oder die Flut wird durch einen Fluch herbeigeführt. An eine Flutsage der Zigeuner erinnert es, wenn der Gott Nurundere Wasser heraufbeschwört, seine Frau zu ertränken, die einen Fisch zerschnitten hat. Der Erfolg übertrifft aber seinen Wunsch, die Wasser tosen so gewaltig hervor, daß er selbst in einem Boot sich flüchten muß. Die Flut steigt, das Boot berührt den Himmel, und dort ist es in der Milchstraße geblieben, wo man es an einer besonders lichten Stelle noch sehen kann. Ständiger Regen bringt in den Erzählungen der Fidjiinsulaner die Sintflut heran. Veranlaßt ist sie durch den Gott Ndengei, der seine aufrührerischen Enkelsöhne strafen will, weil sie ihm seinen Lieblingsvogel Turukawa getötet haben. Sie retten sich auf einen Berg, müssen sich aber, da die Flut nachsteigt, zuletzt einem Boot oder Floß anvertrauen. Im ganzen bleiben acht Menschen übrig, die die Erde neu bevölkern. Die Palauinsulaner haben zwei Flutsagen. In der einen rächen die Götter die Ermordung eines Heros, indem sie alles überschwemmen. Eine Frau, die sie retten wollten, weil sie ihnen den Mord angezeigt hatte, ertrinkt ebenfalls, wird aber von ihnen zum Leben zurückgebracht. Sie wird dann die Stammutter der späteren Menschen. Die zweite Sage weicht nur unwesentlich ab. Auf den Gesellschaftsinseln heißt es, Ruahatu, der Meergott, habe einmal in der Tiefe des Ozeans geruht. Da zog ihn

ein Fischer mit der Angel empor. Für diesen Frevel büßt nicht der Fischer — vielmehr wird er auf sein Flehen mit seiner Familie gerettet —, sondern die übrige Menschheit, indem der Gott alles mit dem Ozean überschwemmt. Flutsagen finden sich auch noch auf den Samoainseln, Sandwichinseln u. a. Auf Neuguinea sind Lohero und sein Bruder auf die Menschen erzürnt und werfen einen Knochen in den Fluß. Da beginnt dieser zu schwellen und überströmt bald die Erde, daß die Menschen sich auf Bergspitzen flüchten müssen. Bei den Dajaks auf Borneo ist die Flut gekommen, weil die Menschen eine große Boaschlange, die starr dalag, getötet und von ihr gegessen haben. Nur ein Weib rettete sich auf einen hohen Berg und ward Stammutter der künftigen Menschheit von einem (von ihr selbst hergestellten) Feuerbohrer, der bei den Dajaks (wie bei anderen Primitiven auch) als ein phallischer Dämon aufgefaßt wird.

Durch die Fülle und die weite Verbreitung der Flutsagen, von denen hier nur eine Auswahl mitgeteilt worden ist, wird die Möglichkeit ausgeschlossen, daß alle auf eine einzige, etwa die biblische oder die babylonische Flutsage, zurückgehen könnten. Auf welchem Wege z. B. die vielen urtümlichen amerikanischen Flutsagen von der Alten in die Neue Welt hätten hinübergelangen sollen, bleibt unerfindlich. Vielmehr ist mit der spontanen Entstehung solcher Sagen an verschiedenen Stellen der Erde zu rechnen, die dann natürlich, sobald ein geistiger Austausch stattfand, einander mehr oder weniger stark beeinflußt haben. War erst einmal eine Flutüberlieferung da, so ergaben sich gewisse Züge, deren übereinstimmendes Auftreten bei räumlich weit getrennten Völkern einen zunächst in Erstaunen setzt, mit einer gewissen Notwendigkeit. Daß eine solche Katastrophe nicht ohne göttliches Wirken zustande kommen kann, ist für ein primitives, mythologisch denkendes Volk selbstverständlich. Entweder muß eine böse, vernichtende, menschenfeindliche Macht die Urheberin sein — dann fällt dem guten Prinzip naturgemäß die Rolle des Retters zu —, oder, wenn der gute Gott, der Welt- und Menschenschöpfer, die Katastrophe sendet, dann muß sie ein Strafgericht für die Sünden der Menschheit sein. Da ferner die Welt doch wieder von Menschen und Tieren belebt ist, so kann die Vernichtung keine vollständige gewesen sein, sondern einige Götterlieblinge müssen sie

zungen liegt das Ende der Eiszeit 10000 Jahre hinter uns; die meisten Forscher nennen erheblich höhere Zahlen; und das Gedächtnis der Menschen, solange es nicht durch schriftliche Aufzeichnungen unterstützt wird, ist erstaunlich kurz. Nur wenige Generationen wird eine Erinnerung einigermaßen getreu festgehalten. Sowie 100 Jahre überschritten werden, löst sich in der Regel alles in nebelhafte Legende auf, wird der etwa vorhandene Rest echter Überlieferung mit ähnlichem, assoziationsmäßig naheliegendem Stoff vermengt, von phantastischer Dichtung überwuchert und so alles irgendwie Besondere immer grotesker aufgebauscht. Denn strenge Liebe zur Wahrheit ist keine Grundeigenschaft der menschlichen Seele, sondern ein mühseliges Produkt intellektueller und sittlicher Erziehung. Von Natur, also als Kind oder als Wilder, ist jeder Mensch ein Lügner, ein Phantast und Renommist, zum Teil bewußt, zum größeren Teil aber unbewußt. Die Heldensagen aller Völker sind der sprechendste Beweis dafür. Daß also 10000 Jahre, d. h. 300 Generationen hindurch, die Erinnerung an eine Katastrophe treu bewahrt worden sein sollte, ohne ins gänzlich Unkenntliche ausgeschmückt und mit andern danach eingetretenen Katastrophen vermischt zu werden, darf hiernach als ausgeschlossen bezeichnet werden.

Den Weg zur richtigen Erklärung hat uns inzwischen die Erwähnung verwandter Katastrophen gewiesen. Zwar keine allgemeinen Überflutungen und Vernichtungen alles Lebenden auf der Erde, wohl aber furchtbar verheerende Naturereignisse, die ganze Landstriche zugrunde richten und Zehn-, ja Hunderttausende an Menschenopfern fordern, begeben sich fast jedes Jahr auf unserm Planeten, und meistens ist das Wasser beteiligt, entweder in Gestalt sehr heftiger Niederschläge mit nachfolgenden großen Überschwemmungen, oder, noch mehr, in Form ungeheurer Sturmfluten, die, durch Wirbelstürme oder Erdbeben hervorgerufen, die entsetzlichsten Zerstörungen anrichten, und zwar ganz plötzlich und innerhalb kürzester Zeit. Auch Durchbrüche hochgelegener Seen haben oft katastrophal gewirkt und die Phantasie der geängsteten Menschen zu mythologischen Ausgeburten angespornt. Wo heute Kulturvölker von solchen Ereignissen betroffen werden, erfahren die Überlebenden bald genug, daß nicht die ganze

Erde, sondern nur ihre engere oder weitere Heimat der Flut zum Opfer gefallen ist. Primitiven Zeiten und noch heute primitiven, von Verkehr und Kultur abgetrennten Völkern, deren Begriffe von Welt und Erde durch die engen Grenzen des eigenen Gesichtskreises umzirkt sind, müssen solche örtliche Katastrophen zur Sintflut werden. Man muß nach der eben vorgetragenen Betrachtung Flutsagen geradezu postulieren bei allen Völkern, in deren Wohnsitzen nach den klimatischen und geologischen Bedingungen mit größeren Wasserkatastrophen von Zeit zu Zeit zu rechnen ist. Vortrefflich paßt dazu die Tatsache, daß wasserarme und geologisch ruhige Gegenden wie Persien, Arabien und Nordafrika so gut wie gar keine alten Flutsagen haben.

C. Weltzerstörungen durch Feuer.

„O Solon, Solon, ihr Hellenen bleibt doch immer Kinder, und einen alten Hellenen gibt es nicht. Ihr seid alle jung an Geist, denn ihr tragt in ihm keine aus alter Überlieferung stammende Anschauung und kein altersgraues Wissen. Der Grund hierfür ist folgender: Es haben schon viele und vielartige Vertilgungen der Menschen stattgefunden und werden auch fernerhin noch stattfinden, die schwersten durch Feuer und Wasser, geringere durch unzählige andere Ursachen. Denn wenn bei euch erzählt wird, daß einst ein Phaethon, Sohn des Helios, den Wagen seines Vaters anschirrte, aber weil er nicht verstand, auf dem Wege seines Vaters zu fahren, alles auf der Erde verbrannte und selbst vom Blitz erschlagen wurde, so klingt das zwar wie ein Mythus, die Wahrheit aber, die dahinter steht, ist, daß nach Verlauf gewisser langer Zeiträume eine Änderung in der Bewegung der die Erde umkreisenden Himmelskörper und eine Vernichtung alles dessen, was auf der Erde ist, durch einen ungeheuren Brand sich vollzieht. Dann gehen alle, die auf Bergen, in hochgelegenen und trockenen Örtlichkeiten wohnen, in größerem Umfang zugrunde als die Anwohner von Flüssen und Meer. Uns rettet der Nil, wie er überhaupt unser Erhalter ist, auch aus dieser Not. Wenn hingegen die Götter die Erde mit Wasser überschwemmen und reinigen, dann retten sich die Hirten auf den Bergen, die Bewohner eurer Städte aber werden von den Flüssen ins Meer hinuntergespült, während in unserm Lande dann eben-

den Platz in seinem Weltgebäude gegeben hat. Was da über die Höllenstrafen erzählt wird, läßt Dantes Hölle fast wie einen gemütlichen Aufenthaltsort erscheinen. Mit der Welt gehen die Götter unter, mit der Welt entstehen sie wieder; ewig über aller Welt ist nur Brahma. Sein Verhältnis zur Welt wird so ausgedrückt, daß ihr Untergang sein Einschlafen bedeute, ihre Erneuerung sein Erwachen. Aber auch die Wendung des mystischen Gedankens taucht auf, daß die Welt nur als Traum Brahmas bestehe. So wird verständlich, wie ein Kalpa einem Tag oder einer Nacht Brahmas entsprechen kann.

Auch den Semiten sind Weltuntergangsmythen nicht fremd. Ihre visionäre Ausgestaltung ist im nächsten Absatz zu behandeln. Urtümlichere Bilder klingen an in Stellen wie Psalm 102 am Ende:

Deine Jahre währen für und für.
Vormals hast du die Erde gegründet
und deiner Hände Werk ist der Himmel.
Die werden vergehen, du aber bestehst.
Sie alle zerfallen wie Kleid,
Wie Gewand wechselst du sie, und sie wechseln.
Du aber bist, und deine Jahre enden nicht.

Und mit Gott übersteht sein auserwähltes Volk allen Weltwandel; denn so schließt der Psalmist:

Die Kinder deiner Knechte werden bleiben,
und ihr Same wird vor dir gedeihen.

Fast genau so schildert Jesaia 51,6: „Denn der Himmel wird wie Rauch vergehen, und die Erde wie ein Gewand zerfallen; und die darauf wohnen, werden dahin sterben wie das." Und ähnliche Aussprüche finden sich auch sonst in der Bibel, ohne daß doch eine ausgeprägte Weltuntergangs- und Welterneuerungslehre zu fassen wäre. — Die Babylonier sollen nach Berossos (der bald nach 300 v. Chr. schrieb) einen Weltbrand für die Zeit gelehrt haben, wenn alle Planeten (zu denen auch Sonne und Mond zählen) in gerader Linie im Krebs stehen, wie eine Weltflut an die entsprechende Konstellation im Steinbock gebunden sein soll. Das ist natürlich nicht mehr ursprüngliche Sage, sondern spätere astrologische Konstruktion, die sich dann auch bei den Griechen wiederfindet; aber ein alter Weltuntergangsmythus liegt doch wohl zweifellos zugrunde. Krebs und

Steinbock sind die Tierkreiszeichen der Sommersonnenwende und Wintersonnenwende.

Die ausgedehnteste und ausführlichste Sage vom Untergang der Welt haben die Germanen ausgebildet. Sehr oft wird in der älteren Edda darauf angespielt. Den Grund haben offenbar nicht nur die Sünden der Menschen, sondern noch mehr die der Götter abgegeben, denen in dem Liede Lokasenna (Loges Gezänk) große Schändlichkeiten von Loki vorgeworfen werden (Feigheit, Ungerechtigkeit, Wollust u. a.). Auch in der Völuspa ist von Habgier und Treubruch der Götter die Rede. Im übrigen ist dieses Lied die großartigste Zusammenfassung des Welten- und Götterschicksals. Die Vala erzählt, wie am Ende der Zeiten von drei Seiten das Verderben naht. Der Frostriese Hrim kommt von Morgen heran gefahren. Von Norden her steuert Loki das Totenschiff Naglfar und bringt seinen und der Angrboda Sprößling, den scheußlichen Wolf Fenrir, und Hels Gefolge mit. Von Süden fährt dann Surtr, ein Feuerriese, mit dem Flammenschwert Miotudr heran. Zugleich peitscht die furchtbare Weltschlange Jormungandr schäumend die Wogen. Da stürzen die Berge, die Menschen sterben, und der Himmel klafft. Odin eilt zum Kampf mit dem Wolf und fällt, von ihm verschlungen, Tor ficht mit der Midgardschlange und tötet sie, geht aber nur noch neun Schritte wankend oder stirbt (nach anderer Sage) vom Gifthauch der Schlange.

> Alle Menschen werden die Heimstatt räumen.
> Die Sonne beginnt zu verfinstern, die Erde sinkt ins Meer,
> es fallen vom Himmel die heiteren Sterne,
> es rast Dampf und Feuer:
> es spült die hohe Hitze bis zum Himmel selbst.

Also in der Tat eine Weltvernichtung. Das ist Ragna rök, der Götteruntergang, oder, wie es in anderen Liedern heißt und uns durch Richard Wagner geläufig geworden ist, Ragna rökkr, die Götterdämmerung. Doch tötet Odins Sohn Widar den Wolf Fenrir, und allmählich erlöschen auch Surtrs Flammen. Eine neue, immergrüne Erde steigt aus den Fluten, und ein neues Göttergeschlecht, Vidar und Vali, Modi und Magni nach dem Liede Vafthrudnirsmal, Hödur und Baldur nach der Völuspa, der Blinde und der strahlende Sonnengott, herrschen fortan. Von den

Menschen bleibt das Paar Lif und Lifthrasir (Leben und Lebenswünscher) am Leben, und von ihrer Nachkommenschaft wird die Erde neu bevölkert. Sie überstehen, so heißt es im Vafthrudnirsmal, den Schreckenswinter in Hoddmimirs Holz verborgen. Die neue Sonne ist die Tochter der alten, die gleich dem Mond vom Wolf verschlungen worden ist. So sind die Hauptzüge der germanischen Weltuntergangs- und Welterneuerungssage klar, wenn auch im einzelnen manche Fragen unbeantwortet bleiben. Vor allem zeigt eine kritische Betrachtung der Hauptschilderung in der Völuspa, daß da drei Weltvernichtungsmotive zusammengeschoben sind, die einander, zum Teil wenigstens, eigentlich ausschließen: eine Weltverbrennung, eine Abtötung alles Lebenden durch den Schreckenswinter (Fimbulvetr) und ein Zurücksinken alles Gewordenen oder Geschaffenen ins Chaos. Aber auf die schwierigen Fragen der Quellenforschung kann hier natürlich nicht eingegangen werden. Man hat den Versuch gemacht, alle wesentlichen Teile der germanischen Weltuntergangsdichtung auf die christliche Apokalyptik (die nur eben in das Gewand nordischer Mythologeme gekleidet worden sei) zurückzuführen. Diese Partien der Edda wären dann eine nordische Entsprechung zu den frühdeutschen Bearbeitungen des Stoffes im Muspilli und im Heliand (vgl. S. 47). Das hat eine hohe Wahrscheinlichkeit für sich, wenn es auch noch nicht restlos erwiesen ist. Soviel aber ist sicher und allgemein zugestanden, daß der Schluß der Völuspa christlichen Ursprungs ist. Was da, mit leicht nordischer Tönung, geschildert wird, ist die christliche Hölle, der christliche Himmel, und Christus, der Weltenrichter:

> Einen Saal sieht sie stehen, schöner als die Sonne,
> mit Gold bedeckt, auf Gimlee:
> da sollen treue Scharen hausen
> und ewiglich Freude genießen.
> Es kommt der Mächtige zum gewaltigen Gericht,
> der Starke von oben her, der über alles herrscht.

Eine ähnliche Prophezeiung mit noch deutlicherer Zuspitzung auf Christus, dessen Namen zu nennen der Skalde aber ausdrücklich ablehnt (nach bewährtem Sibyllenstil), findet sich auch in der sogenannten kleinen Völuspa am Ende des Hyndlulieds. Doch das greift schon hinüber in unser nächstes Kapitel.

Wenig ist noch von anderen Sagen mitzuteilen. Eine Verbrennung der Welt, bewirkt durch den Gott des Feuers, lassen die Mexikaner am Ende ihres zweiten Weltalters stattfinden (s. S. 12). Nur die Vögel entfliehen, auch Menschen, die sich in Vögel verwandeln konnten. Doch birgt sich auch ein Menschenpaar als solches in einer Höhle. Andere Zerstörungen am Ende der anderen Weltalter geschehen durch Erdbeben, gewaltige Orkane oder auch durch Fluten. Merkwürdig oft, namentlich bei Negerstämmen, wird von einer Weltzerstörung durch Herabfallen des Himmels gesprochen; der Himmel zerschlägt alles und fällt selbst in Trümmer.

D. Das Jüngste Gericht. Eschatologie.

Alle tiefer sittlich fundierten Religionen, die im menschlichen Leben die Auswirkung der ewigen Gerechtigkeit erkennen wollen, sind angesichts der Tatsache, daß im Leben vieles Gute unbelohnt und viel Schlechtes unbestraft bleibt, genötigt, zur Rechtfertigung ihres Gottes (théodicée) einen Ausgleich der irdischen Ungerechtigkeit in einem anderen Leben anzunehmen. Entweder geschieht dieser Ausgleich derart, daß gleich nach dem Tode die Seele eines jeden vor Gericht gestellt wird; die älteste und markanteste Ausgestaltung dieses von Fall zu Fall in Wirkung tretenden Totengerichts liegt wohl in der ägyptischen Religion vor. Oder aber die Sühne für alles Geschehene wird aufgespart für ein großes, allgemeines Gericht am Ende der Tage, an dem dann die sündige Welt untergehen, alle Menschen auferstehen und gerichtet und ein neues, ewiges Reich der Gerechtigkeit anbrechen wird. Außerhalb des uns geläufigen jüdisch-christlichen Vorstellungskreises ist dieser Gedanke nur bei den Eraniern zu finden. In den ältesten persischen Religionsquellen begegnet häufig die Anschauung, daß jeder Abgeschiedene gleich nach dem Tode zwei Proben unterworfen wird: er muß durch das geschmolzene Metall, das „rote Feuer", gehen und die „Richterbrücke" überschreiten. Der Gläubige Ahuramazdas besteht beide Proben ohne Pein und Mühe und geht zu ewiger Freude und Gemeinschaft mit den Gottheiten ins Paradies ein. Der Ungläubige leidet furchtbare Schmerzen in der Schmelze und stürzt von der Richterbrücke in die Hölle zu ewiger Qual. Daneben erscheint auch schon früh

die Vorstellung, daß bald nach Abschluß des Bekehrungswerkes Zarathuſtras das Weltgericht als Anfang des ewigen Gottesreiches kommen werde, bei dem auch die alsdann gerade Lebenden der Feuerprobe unterworfen werden. Denn am Ende der Tage werden infolge einer übernatürlichen Erhitzung alle Metalle in den Bergen flüſſig werden und ſich als ein glühender Strom über die Erde ergießen. Aber den Gerechten, die ihn durchſchreiten, wird er angenehm wie lauwarme Milch erſcheinen, nur die Böſen werden Pein leiden. Erſt jüngere Partien des Aveſta lehren ganz unzweideutig die allgemeine Auferſtehung der Toten beim Kommen des Heilandes, ſein Gericht über ſie und die alsdann noch Lebenden, die Unſterblichmachung der Guten und die endgültige Vernichtung des Böſen. Der Heiland Aſtvatereto „wird auf die ganze leibliche Welt mit den Augen des Segens ſchauen, und ſein Blick wird unſterblich machen die ganze leibliche Weſenheit. Die Freunde dieſes ſieghaften Aſtvatereto werden auftreten, die Gutes denken, Gutes reden, Gutes tun, ein gutes Gewiſſen haben und niemals falſch reden mit der Zunge. Vor ihnen wird der Dämon Aeſma entweichen mit blutiger Keule, der verblendete. Aſa („die Wahrheit") wird die böſe Druj (‚Lüge') beſiegen, die aus ſchlechtem Samen, die hölliſche.... Machtlos wird der Übeltäter Angromainyuš entweichen". Schön und kraftvoll wird das Wiederfinden der langgetrennten Verwandten und Freunde geſchildert. Dieſes Weltgericht iſt bei den Perſern zeitlich genau fixiert und in den oben (S. 11) ſkizzierten Welt- und Heilsplan eingebaut. Am Ende des 9. Jahrtauſends tritt Zarathuſtra auf und wirkt 1000 Jahre, dann kommen am Ende des 10. und 11. Jahrtauſends die beiden Heilande und Zarathuſtraſöhne Aūſetar und Aūſetarmāh, endlich, wenn die 12000 Jahre um ſind, der endgültige Heiland Aſtvatereto, der die Toten erweckt und das Weltgericht hält.

Deutlich ſteht die ſpätjüdiſche Apokalyptik unter dem Einfluß dieſes perſiſchen Syſtems, in dem die tauſendjährigen Perioden als organiſche Teile eines größeren Planes erſcheinen. Hingegen muß die Frage nach dem Verhältnis der älteren jüdiſchen Auferſtehungslehre zur perſiſchen offengelaſſen werden. Weder die Abhängigkeit der perſiſchen Lehre von der jüdiſchen noch das

Umgekehrte ist streng erweislich, obschon stärkere Gründe hier für die Priorität Erans zu sprechen scheinen; jedenfalls ist, da von allen alten Religionen nur diese beiden, die einander benachbart waren und sich auch sonst vielfach beeinflußt haben (neuestes Werk: J. Scheftelowitz, Die altpersische Religion und das Judentum, Gießen 1920), den Auferstehungsgedanken enthalten, es äußerst unwahrscheinlich, daß jede ihn ganz selbständig etwa zu gleicher Zeit entwickelt haben sollte. Andeutungsweise klingt dieser Gedanke schon in dem altertümlichen, noch vorexilischen Psalm 88, 11—14 an, dann tritt er deutlicher bei den Propheten in der Zeit des Exils hervor, während deren das jüdische Volk in engere Beziehungen auch zum altpersischen Geistesleben trat. Die berühmte Auferstehungsvision Hesekiels symbolisiert zwar die politische Wiederherstellung des zerstreuten Volkes Israel, setzt aber eben doch den Auferstehungsgedanken als bekannt voraus. Ein gewaltiges Gericht schildert Joel, Kap. 3 und 4. Gottes Geist wird auf alles Fleisch ausgegossen, dann erscheinen Blut und Feuer und Rauchsäulen, die Sonne wandelt sich in Finsternis, der Mond in Blut. Gerettet werden allein, die des Ewigen, Jahve, Namen anrufen. Das Gottesgericht trifft alle Völker, die Israel zerstreuten. Ähnlich, bei mancherlei andersartiger Ausschmückung, ergehen sich Jesaia, Zephanja und Ezechiel. Bei allen fußt der Gerichtsgedanke auf eng nationalem Boden. Ausgetilgt werden Sünde, Götzendienst und Heidentum, alles, was Jahve und seinen Bekennern zuwider ist, und aus dem Gericht ersteht Israel in verklärter Herrlichkeit und Jahve als Gott auch der ganzen übrigen Menschheit. Die ausgeführtesten Schilderungen gibt Jesaia. Bei ihm heißt es auch mehrmals ausdrücklich, daß Gott einen neuen Himmel und eine neue Erde machen werde.

Von Weltzerstörung und Weltgericht sprechen auch die jüdischen sibyllinischen Weissagungen, so namentlich im dritten Buch, das im 1. Jahrhundert v. Chr., zum Teil aus älteren Bestandteilen, zusammengestellt ist. Die Erde bebt, alles Lebende geht zugrunde, der Himmel wird zusammengerollt und fällt zur Erde. Finsternis herrscht, Berge zerreißen, Schwefelregen und Sturm, Hagel und Feuer wüten. Erde, Meer, alles verbrennt, Sonne und Mond schwinden. Als Zeichen für das Ende aller Dinge auf Erden werden später angegeben: Schrecken

am Himmel, Staubwirbel vom Himmel, Erlöschen der Sonne mitten am Tage, blutige Tropfen aus Felsen, in den Wolken Kampf von Fußvolk und Reisigen. Im vierten Buch der Sibyllinen wird das Verbrennen der ganzen Erde durch Gottes Fügung geweissagt. „Wenn dann alles zu Staub und Asche geworden ist und Gott das unsägliche Feuer stillt, er, der es angezündet, dann wird Gott selbst wiederum die Gebeine und den Staub der Männer gestalten und die Sterblichen wieder aufrichten, wie sie zuvor waren." Hierauf tritt das Gericht ein, aus dem die Frommen wieder zur Welt einziehen. Ähnliches findet sich in den christlichen sibyllinischen Weissagungen: Gott rollt den Himmel auf, das Gewölbe stürzt auf die Erde, gewaltiger Feuerstrudel verbrennt Himmel, Erde und Meer, die ganze Schöpfung wird in eins zusammengeschmolzen, und es ersteht eine neue, glückselige Welt.

Etwa gleichzeitig mit den jüdischen Sibyllinen, in denen hellenisierte Juden in griechischer Sprache und Kunstform auf die griechische Welt zu wirken suchten, ist das biblische Buch Daniel. Es bezieht sich wesentlich auf historische Ereignisse, gibt Offenbarungen für die unmittelbare Zukunft als Folge der Makkabäerkriege, die der Dichter miterlebte. Es ist zur Aufrichtung des jüdischen Volkes in der Trübsal, in die Antiochos Epiphanes durch seine Religionsverfolgung es gestürzt hatte, geschrieben. Die Bilder von überschwenglicher Kühnheit, wenn auch zum Teil früheren Propheten entnommen, haben auf alle folgenden seherischen Schriftsteller berückend gewirkt, sie sind oft bis in Einzelheiten übernommen, ebenso die eigenartige Zeitrechnung nach ganzen und halben Zeiten.

Im selben 2. Jahrhundert v. Chr. hat ein jüdischer Mann (oder mehrere Juden) unter dem Namen Henochs, dieser mystischen Gestalt der Genesis, die dann auch später noch vielen Offenbarungen vorgeschoben worden ist, eine weitschichtige Apokalypse erzählt, die namentlich dem Engelreich, dem Messianismus und astronomisch-astrologischen Fragen gewidmet ist, aber auch eine Offenbarung des Weltendes und des Jüngsten Gerichtes enthält. Der semitische Urtext ist verloren, auch die griechische Übersetzung (bis auf ein Bruchstück), erhalten aber eine äthiopische Übersetzung des griechischen Textes. Es heißt dort, daß Gott im Kreise seiner

Heerscharen vom Himmel der Himmel her auf den Sinai treten wird. „Da werden alle sich fürchten, die Wächter (die gefallenen Engel) werden erbeben, und große Furcht und Angst wird sie bis an die Enden der Erde erfassen. Die hohen Berge werden erschüttert werden, fallen und zergehen, die ragenden Hügel sich senken und in der Flamme wie Wachs vor dem Feuer schmelzen. Die Erde wird gänzlich zerschellen und alles auf ihr Befindliche umkommen. Und ein Gericht wird über alle stattfinden", aus dem den Auserwählten „Licht, Freude und Friede zuteil werden wird." In einem andern Gesicht sieht Henoch die Himmel zusammenbrechen und zur Erde fallen, diese darauf in einen Abgrund stürzen, und er hört eine Stimme: „Untergegangen ist die Erde!" Daß nach der Vernichtung eine neue Welt entstehe, wird nicht gesagt, nur von einem neuen Himmel wird gesprochen, der siebenfach leuchtet. Wahrscheinlich also bezieht sich die Glückseligkeit der Gerechten auf ein Leben im Himmel, wie auch sonst in Apokalypsen. Mit dem Jüngsten Gericht werden die messianischen Ideen in Verbindung gebracht. Sie füllen in breiter Ausführung viele Kapitel.

Etwa um Christi Geburt ist die Schrift von der Himmelfahrt Mose entstanden, von der uns ein Bruchstück einer lateinischen Übersetzung des griechischen Textes erhalten ist, der seinerseits wohl auf ein hebräisches oder aramäisches Original zurückging. Sie enthält die Weissagungen des sterbenden Mose, darunter auch eine Weltkatastrophe in den uns nun schon geläufigen Farben.

Einen neuen mächtigen Anstoß empfing die jüdische Offenbarungsliteratur durch die furchtbare nationale Katastrophe der Zerstörung Jerusalems durch Titus im Jahre 70. Mit erneuerter inbrünstiger Kraft warf man sich auf das unfaßliche Problem, daß Gott einen solchen Triumph des Bösen zulasse, und erging sich in glühenden Phantasien von dem rächenden Gericht und dem endlichen Sieg des Guten. Diesen geistigen Strömungen entstammen die Baruchapokalypse, das vierte Buch Esra und die berühmteste von allen, die christlich übertünchte und in den Kanon des Neuen Testaments aufgenommene Offenbarung Johannis.

Die in syrischer Übersetzung erhaltene Baruchapokalypse, unter den Namen Baruchs, des Freundes des Propheten Jeremias,

gestellt, zählt zwölf schreckliche Vorzeichen für das Ende der Dinge auf. In der Vision der abwechselnd „hellen und schwarzen Wasser", die Zeitperioden des Heils und des Unheils bedeuten, ist das dreizehnte schwarze Wasser Sinnbild der furchtbaren menschlichen und natürlichen Unordnungen vor dem Weltende. Vor diesem Ende erfolgt die Ankunft des Messias. Er bringt eine Zeit der Glückseligkeit auf Erden, in der den Gerechten alles mühelos in den Schoß fällt; selbst Leviathan und Behemot, die beiden Seeungetüme, die Gott am fünften Tage der Welt geschaffen hat, stehen ihnen zur Speise frei. Hierauf folgt das letzte Gericht, verbunden mit einer Auferstehung der Toten. Eine neue Welt nach diesem Gericht scheint nicht angenommen zu werden, denn der Aufenthalt der Auserwählten wird himmlisch geschildert. Besonders scharfe Gerichte werden über die Menschen und Völker gehalten, die Gottes wahre Bekenner verfolgt haben.

Das vierte Buch Esra (in lateinischer, syrischer, äthiopischer und noch anderen Übersetzungen erhalten) gibt sich als eine Sammlung von Gesprächen, die Baruch dreißig Jahre nach der Zerstörung Jerusalems durch die Chaldäer mit dem Engel Uriel hält. Der Verfasser nennt sich Salathiel, der auch Esra heißt. Auch diese Schrift berichtet von den Zeichen, die dem Ende vorausgehen werden. Die Sonne wird in der Nacht, der Mond am Tage scheinen, die Bäume werden Blut träufen, die Steine schreien. Gott selbst, der den ganzen Weltgang vorbedacht hat, führt auch das Ende herbei. Geschildert wird es nicht näher, es heißt nur von dem Tage des Gerichts, daß er weder Sonne noch Mond noch Sterne, weder Wolken noch Donner noch Blitz, weder Wind noch Regen noch Nebel haben wird, sondern allein den Glanz der Herrlichkeit des Höchsten. „Der Tag des Gerichts aber ist das Ende dieser Welt und der Anfang der kommenden ewigen Welt", in der nicht Verderbnis, nicht Zuchtlosigkeit, nicht Unglaube, wohl aber Gerechtigkeit und Wahrheit herrschen. Da ist auch nicht Tod noch Hades noch Schmerz und Krankheit, das Paradies ist eröffnet, der Lebensbaum gepflanzt. Mit Kummer und Mitgefühl verweilt der ernste und gemütvolle Verfasser bei der Schilderung des Leidens der sündigen Menschheit und malt als Gegengewicht auch die Freuden der kommenden ewigen Welt mit hoffender Liebe aus. Der Messias, den Gott bewahrt hat

für das Ende der Tage, heißt in dieser übrigens durchaus im jüdischen Gedankenkreis sich bewegenden Schrift schon Christus. Er erscheint einmal als Löwe, dann aber als Mensch, der aus dem Meere steigt und mit dem feurigen Strom aus seinem Munde, dem flammenden Hauch von seinen Lippen und den stürmenden Funken von seiner Zunge alle Widersacher entzündet und sie in Asche und Dunst des Rauchs verwandelt.

In breitem Strom hat sich die Stimmung und der Geist, der die jüdischen Apokalypsen in solcher Fülle emporwachsen ließ, auch in das christliche Geistesleben und Schrifttum ergossen. Das Neue Testament ist reich an eschatologischen Betrachtungen. Auf die Frage der Jünger an Jesus, was das Zeichen seiner Zurückkunft und des Endes der Welt sei, wird ihnen Matthäus 24, 6 ff. der Bescheid: Krieg und Kriegsgerücht, Volk wider Volk, Hungersnot, Erdbeben, Drangsal der Jünger, Lügenpropheten, Greuel der Verwüstung. Dann aber „wird sich die Sonne verfinstern, und der Mond wird seinen Schein nicht geben, und die Sterne werden vom Himmel fallen, und die Gewalten der Himmel werden erbeben". Es folgt die Ankunft des „Sohnes des Menschen", womit Jesus sich selbst meint, und die Aussendung der Engel mit gewaltigem Trompetenschall, die Auserwählten von einem Ende des Himmels bis zum andern zu versammeln. Und dann kommt das letzte Gericht, noch ehe die Generation der Jünger hingegangen ist. Aber den Tag weiß nur der Vater allein. Es kommt plötzlich und unerwartet wie die Sintflut in den Tagen Noahs. Ähnlich lauten die Angaben in den anderen Evangelien, z. T. mit den gleichen Worten, und in den Apostolischen Briefen. Im zweiten Petrusbrief 3, 10 heißt es: „Der Tag des Herrn wird kommen wie ein Dieb, da werden die Himmel mit Krachen vergehen, und die Elemente werden in Brand sich auflösen, und die Erde und alles, was auf ihr ist."

Die Offenbarung Johannis, dieses großartig wüste Wirrsal grandioser eschatologischer Phantasien und historischer Allegorien, geflossen aus der glühenden Seele eines von der Katastrophe Jerusalems bis ins Innerste verwundeten, in alttestamentarischen Rachevisionen schwelgenden Judenchristen, stellt die Forschung vor zahlreiche Rätsel und hat schon eine Flut von erläuternder Literatur ins Leben gerufen. Über diese Pro-

bleme und ihre Lösungsversuche auch nur in knappster Skizze zu referieren, fällt außerhalb des Rahmens unseres Themas. Für dieses genügt eine Heraushebung der eigentlichen Weltuntergangs- und Weltgerichtsvisionen. Die Mehrzahl dieser Visionen bezieht sich auf die Vorboten der Weltkatastrophe. Das Weltende selbst wird nicht eigentlich geschildert, sondern vom 20. Kapitel ab als eingetreten angenommen. Aber diese Vorboten sind selbst schon so furchtbar und zerstörend, daß sie als Etappen der Weltvernichtung erscheinen. Der Seher sieht den Himmel offen und in ihm auf einem Thron den Höchsten sitzen. Er hält in seiner Rechten ein Buch mit sieben Siegeln. Ein Lamm mit sieben Augen und sieben Hörnern (Christus) nimmt es in Empfang. Beim Öffnen der ersten vier Siegel (Kap. 6) erscheinen die berühmten vier apokalyptischen Reiter, und es wird ihnen Macht gegeben über den vierten Teil der Erde, mit Schwert und Hunger, Tod und Biß von Tieren die Menschen zu töten. Beim fünften Siegel sieht der Inspirierte unter dem Altar die Seelen der Märtyrer, und sie fragen mit lauter Stimme, wie lange die Sühne ihres Blutes noch auf sich warten lasse. Und wie das sechste Siegel vom Lamm geöffnet wird, „da geschah ein großes Erdbeben, die Sonne ward schwarz wie ein härener Trauersack, der ganze Mond wie Blut, die Sterne des Himmels fielen zur Erde, wie ein Feigenbaum, von starkem Wind geschüttelt, die unreifen Früchte fallen läßt, der Himmel verschwand wie ein aufgerolltes Buch, und alle Berge und Inseln wurden von ihrer Stelle gerückt". Alle Menschen, Könige und Knechte verkriechen sich vor Furcht „und sprechen zu den Bergen und Felsen: fallet über uns vor dem Angesicht dessen, der auf dem Throne sitzt, und vor dem Zorn des Lammes. Denn der große Tag seines Zornes ist gekommen, und wer kann da bestehen?" Nach Öffnung des siebenten Siegels entsteht ein Schweigen im Himmel von einer halben Stunde. Doch das ist nicht die Ruhe vor dem letzten Sturm; noch lange ist die Greuelphantasie des Verfassers nicht erschöpft. Es kommt die Reihe der sieben Trompetenvisionen (Kap. 8 ff.). Sie bringen Hagel und Feuer, mit Blut gemischt, daß ein Drittel der Erde verbrennt; ein brennender Berg stürzt ins Meer, ein Drittel von ihm wird zu Blut, ein Drittel seiner Bewohner, ein Drittel aller Schiffe wird vernichtet; der Stern

„Wermut", brennend wie eine Fackel, stürzt herab und vergiftet ein Drittel aller Flüsse, daß viele Menschen daran sterben; ein Drittel von Sonne, Mond und Sternen wird verfinstert, ein Drittel von Tag und Nacht so um sein Licht gebracht; ein Adler fliegt über die Mitte des Himmels und ruft dreimal Wehe über die Bewohner der Erde, als Begleitung zu den drei letzten Trompetenstößen. Ein Stern fällt zur Erde; ihm ist der Schlüssel zum Brunnen der Tiefe gegeben, er öffnet, und eine Rauchwolke quillt hervor, die Sonne und Luft verfinstert; sie wird zu einem entsetzlichen Heuschreckenschwarm, der die Sünder unerhört peinigt. Die sechste Trompete führt ein Heer von zwanzigtausendmal zehntausend Dämonen auf den Plan, die mit dem Feuer, Rauch und Schwefeldampf, der aus ihrem Munde geht, ein Drittel aller Menschen töten. Auf den Schall der siebenten Trompete endlich (11, 15) — vom Vorangehenden getrennt durch andersartige Einschiebsel — erhebt sich ein lautes Rufen im Himmel: „Das Reich der Welt ist unseres Herrn geworden und seines Christus, und er wird herrschen in alle Ewigkeiten." Das bedeutet wohl den Anbruch des Messiasreiches, aber die Darstellung wird wieder durch andersartige Visionen unterbrochen. Erst mit Kapitel 15 setzt wieder eine Reihe eschatologischer Visionen ein. Es erscheinen abermals sieben Engel als Bringer der sieben letzten Plagen; diese sind symbolisiert als sieben goldene Schalen, gefüllt mit dem Zorne Gottes, der über die Erde ausgegossen wird. Die erste bringt böse Geschwüre hervor unter den sündigen Menschen, die zweite, ins Meer entleert, verwandelt es in Blut, die dritte bewirkt das gleiche an den Flüssen. Die vierte wird gegen die Sonne gegossen, da versengt sie die Menschen mit unerträglicher Glut, die fünfte über das „Tier aus dem Meer" (den Antichrist), so daß seine Herrschaft vernichtet wird, die sechste über den Euphratfluß, so daß er austrocknet. Die siebente Schale endlich, in die Luft ergossen, bringt Gewitter, Stimmen, Erdbeben, so heftig wie noch nie, seit es Menschen gibt, Hagel wie Pfundstücke und ungeheure Menschenvernichtung: aber doch noch keine Ausrottung aller, denn noch murren Überlebende gegen den Sender der Plagen. Es folgt, eingeschoben, die deutlich auf Rom bezügliche Weissagung von dem Untergang Babylons und des Tieres aus dem Abgrund. Dann erscheint (19, 11 ff.) der

Messias mit seinem himmlischen Heergefolge, bekämpft und besiegt den Fürsten der Finsternis, und das tausendjährige Reich der Gerechtigkeit beginnt. Ist diese Zeit um, so kommt der Satan noch einmal los, wird aber alsbald endgültig besiegt und für alle Ewigkeit in den Feuer- und Schwefelpfuhl geworfen. „Und ich sah einen großen, weißen Thron und den, der darauf saß; vor seinem Antlitz floh die Erde, und es fand sich keine Stätte für sie. Und ich sah die Toten, die Großen und die Kleinen, vor dem Thron stehen, und Bücher wurden geöffnet. Und ein anderes Buch wurde geöffnet, das ist das Buch des Lebens. Und es wurden die Toten gerichtet nach dem, was in den Büchern über ihre Werke geschrieben stand. Das Meer gab seine Toten heraus, und sie wurden gerichtet ein jeglicher nach seinen Werken." (20, 11—13). Tod, Hades und alle, die nicht im Buch des Lebens verzeichnet stehen, werden in den Feuerpfuhl geworfen. „Und ich sah einen neuen Himmel und eine neue Erde; denn der erste Himmel und die erste Erde waren dahin, und das Meer ist nicht mehr. Und die neue, heilige Stadt Jerusalem sah ich niedersteigen vom Himmel von Gott, angetan wie eine Braut, die geschmückt ist für ihren Gatten." Die überschwengliche Herrlichkeit dieses neuen Jerusalem wird mit orientalischer Farbenpracht geschildert.

Die Offenbarung Johannis ist erst ziemlich spät in den Kanon des Neuen Testaments aufgenommen worden: ist doch auch von christlichem Geist wenig in ihr zu spüren. Dann aber hat sie durch die wilde Pracht ihrer zügellosen Phantastik und durch die Rätselhaftigkeit ihres symbolischen Gewandes dauernd alle mystisch gerichteten Köpfe angezogen und Pinsel und Stichel zahlreicher Künstler inspiriert. Das tausendjährige Reich sah die Menschheit im Jahre 1000 für vollendet an und bereitete sich in zum Teil sehr würdeloser Weise für den Weltuntergang vor. Und noch jetzt spukt der sogenannte Chiliasmus in allerhand mystischen Regionen.

Die gnostische Lehre vom Weltende ist uns infolge der bruchstückhaften Erhaltung der hierher bezüglichen Partien nicht deutlich erkennbar.

Zwei höchst eigentümliche und interessante Bearbeitungen der jüdisch-christlichen Weltuntergangslehre liegen uns — abgesehen

von der Edda, vergleiche S. 35 — in zwei frühdeutschen, aus karolingischer Zeit stammenden Epen vor, dem oberdeutschen Muspilli und dem altsächsischen Heliand. Das Muspilli, uns erhalten in einem lateinischen Erbauungsbuch Ludwigs des Deutschen, in welches das deutsche Gedicht vielleicht von der eigenen Hand des Königs eingetragen ist, knüpft den Weltuntergang an einen grimmen Streit des Antichrist mit Elias. Der Antichrist wird besiegt, obschon der Satan selbst ihm zur Seite steht, aber auch Elias empfängt eine Wunde. Und (wörtlich nach Piper)

Wenn des Elias Blut auf die Erde träuft,
so entbrennen die Berge, Baum steht nicht
länger auf Erden, Wasser vertrocknet,
Sumpf verschluckt sich, es verbrennt in Lohe der Himmel,
der Mond fällt, es brennt das Erdenrund,
ein Stein nicht steht, wenn der Gerichtstag ins Land
fährt mit Feuer die Menschen zu suchen.
Da nicht mag ein Verwandter dem andern helfen vom Weltbrand (Muspilli),
wenn der breite Glutregen alles verbrennt
und Feuer und Luft (Sturm) es alles wegkehrt.

Dann ertönt zum Weltgericht das himmlische Horn, der Richter hebt sich zur Malstatt mit dem größten der Heere, die Engel fahren über die Wolken, weisen die Völker zum Gericht, das kleinste menschliche Glied sagt dann seine Missetat. Noch charaktervoller und entschiedener germanisch-national gefärbt ist die von einem wirklichen Dichter geschaffene altsächsische Bearbeitung des Lebens Jesu, der Heliand. Er enthält eine ausführliche Behandlung des Weltendes und des Jüngsten Gerichts; kein Stein wird über dem andern stehen, sondern Feuer ergreift alles, feindliche Lohe, Mond und Sonne werden von Finsternis befangen, die Sterne fallen, die Himmelslichter, und es bebt die breite Erde, das Meer überstürzt die Lande. Kampf, Mord, Krankheit und Hunger gehen voraus. Der Weltbrand heißt auch hier Mutspelli, und der letzte Tag ist wie der Tag Sodoms, da alles brennendes Feuer war.

So erfuhr ich, daß den Helden (Jüngern) da der mächtige Herr (Christus)
über dieser Welt Wende mit Worten erzählte,
wie die fortan fährt, solange als sie der Menschen Kinder
bewohnen dürfen, und wie sie am Ende soll
zergleiten und zergehen.

Daß der Mohammedanismus Weltende und Weltgericht kennt, ist bei seinem Fußen auf Judentum und Christentum natürlich. Im Koran ist oft und emphatisch davon die Rede: „Denn die ganze Erde wird ihm (Allah) nur eine Handvoll sein am Tage der Auferstehung, und die Himmel werden zusammengerollt sein in seiner Rechten“ (Sure 39, 67). „Und wenn in die Posaune gestoßen wird mit einem einzigen Stoß, und von hinnen gehoben werden die Erde und die Berge, dann wird an jenem Tage eintreffen die Eintreffende (Stunde), und spalten wird sich der Himmel, denn an jenem Tage wird er zerreißen“ (Sure 69, 13 ff.). Es existiert auch ein ganzes arabisch geschriebenes Buch über die letzten Dinge aus unbekannter Zeit, von unbekanntem Verfasser. Der Engel Israfil bläst zum erstenmal, da fährt Schrecken durch die Welt, er bläst nochmals, da stürzt alles tot nieder, beim dritten Posaunenschall steht alles auf zum letzten Gericht.

In der Ostmauer des Tempelbezirks zu Jerusalem ist eine Säule horizontal eingemauert, die nach dem Tode Josaphat vorragt. Auf dieser Säule sitzend wird Mohammed das Jüngste Gericht halten, so erzählt eine Sage.

In einer anderen großartig dramatischen Sage wird erzählt, wie auf Gottes Geheiß der Todesengel alles tötet, zuletzt auch sich selbst. Er fährt zum Meere und spricht: „Deine Zeitdauer ist nun zu Ende.“ Und das Meer sagt: „Schenke mir Frist, daß ich über mich jammere.“ „Wo sind meine Fluten,“ klagt das Meer, „wo meine Wunder, wo das Schiff, das auf mir fuhr, wo meine Fische?“ Da stößt der Todesengel einen Schrei aus, und das Meer ist hin, „als wenn nicht ein Tropfen gewesen wäre“. Ähnlich ergeht es mit dem Gebirge und der Erde. Nun steigt der Todesengel mit Geschrei zum Himmel, „und es werden verdunkelt die Sonne und der Mond, und es zerstreuen sich die Sterne“. Da spricht Gott der Erhabene: „O Todesengel! Wer ist von meinen Geschöpfen übriggeblieben?“ Und der Engel erwidert: „Mein Gott, du bist der Ewige, der nie stirbt; geblieben aber sind noch Gabriel, Michael, Israfil, der Träger des Thrones, und ich, der geringe Knecht.“ Und Gott sagt: „Nimm ihre Geister hin!“ Und all die Engel sterben. Und Gott spricht weiter: „O Todesengel, hast du nicht mein Wort gehört:

jede Seele kostet den Tod? Auch du bist ja ein Geschöpf von meinen Geschöpfen, ich habe dich geschaffen, so stirb auch du!" Und der Todesengel stirbt. Nur Gott bleibt. Im Todeszustand aber liegt die Welt, solange Gott will.

E. Griechische Naturphilosophie und Weltuntergang.

Die christliche Wissenschaft des Mittelalters hat mit einem bekannten Schlagwort die Philosophie als die Magd der Theologie bezeichnet. Aber diese Magd hat sich aus ihrer dienenden Stellung emanzipiert, sich selbständig gemacht und ist erst dadurch zur Wissenschaft im modernen Sinne ausgereift. So ist es überall gegangen, wo Wissenschaft entstand. Das rein verstandesmäßige Denken, das sich in der Frühzeit in mythischem Gewande barg, in das religiöse Weltbild einfügte, hat diese Hüllen Schritt für Schritt abgeworfen, aus dem mythologischen Denken, dem die Ausdrucksweise in mythologisch-anthropomorphen Bildern gemäß und natürlich war, ist in langsamem Werdeprozeß das begriffliche Denken geworden. So hat sich auch aus dem griechischen Weltbrandmythus (s. S. 31) eine naturphilosophische Weltwandlungslehre entwickelt, die, wenn sie auch nach modernen Begriffen noch der exakten wissenschaftlichen Grundlegung entbehrt, doch nicht mehr als Mythus, sondern als metaphysische Spekulation auf naturphilosophischer Grundlage gewertet zu werden verdient. Und sehr viel mehr können wohl auch die modernen Theorien über das Weltende nicht für sich in Anspruch nehmen.

Herakleitos von Ephesos (etwa 540—480) sah, gewiß nicht unbeeinflußt von persischer Weltanschauung, das Wesen der Welt im Feuer, das bald erlischt, bald sich neu entzündet: „Diese Weltordnung, dieselbige für alle Wesen, hat kein Gott und kein Mensch geschaffen, sondern sie war immerdar und ist und wird sein ewig lebendiges Feuer, nach Maßen erglimmend und nach Maßen verlöschend." Periodisch materialisiert sich das Urfeuer im Abstieg zu Wasser und Erde und vergeistigt sich in neuem Aufstieg wieder zu Feuer: „Feuers Wandlungen: erstens Meer, die Hälfte davon Erde, die andere Glutwind. Es zerfließt als Meer und erhält sein Maß nach demselben Verhältnis, wie es galt, ehe denn es Erde ward." „Umsatz findet wechselweise statt

des Alls gegen das Feuer und des Feuers gegen das All, wie des Goldes gegen Waren und der Waren gegen Gold." So lehrt also Heraklit eine periodische Rückverwandlung der materiellen Welt in das Urfeuer: die Ekpyrosis. Die Lehre vom ewigen Kreisgang der Welt ins Feuer und vom Feuer zurück ist später dahin vergröbert worden, daß tatsächlich ein Verbrennen der Welt zu gewissen Zeiten, nämlich wenn alle Wandelgestirne (im Sinne des Altertums: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn) in gerader Linie stehen, stattfinden soll, worauf dann Neubildung erfolgt. Diese Periode ist das große oder vollständige Jahr, von dem auch in Platons Dialog Timaios die Rede ist. Ob die Lehre vom großen Jahr Platon selbst zuzuschreiben ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Jedenfalls figurierte sie im System der Stoiker, deren Weltgeist Zeus Urfeuer ist und auch die Welt bedeutet, sofern diese nach unten steigende Vergröberung des Feuers darstellt. Eine Ekpyrosis führt die Welt in Zeus zurück, und aus ihm bildet sie sich durch Ausstrahlung wieder. Dabei wiederholt sich die Welt vermöge der in den Dingen wirkenden gesetzmäßigen Notwendigkeit (εἱμαρμένη) in ewig absoluter Gleichheit, so daß alles, was ist und war, selbst im niedrigsten und geringsten, in genau gleicher Weise wiederkehrt. „Sokrates und Platon wird wieder sein und jeder Mensch mit seinen Freunden und Mitbürgern, er wird dasselbe leiden und dasselbe tun, jede Stadt, jedes Dorf und jedes Stück Feld wird in derselben Weise wiedererstehen. Und diese Wiederkunft des Alls geschieht nicht einmal, sondern oftmals, oder vielmehr: in alle Ewigkeit kommt immer dasselbe wieder." Das ist die Lehre von der ewigen Wiederkunft, der Apokatastasis und Palingenesie.

Weltwandlungen haben auch andere griechische Naturphilosophen gelehrt, namentlich diejenigen, die den Weltgang als stetige Mischung und Entmischung elementarer Dinge ansahen, wie Anaximandros von Milet, der eine ständig sich entwickelnde Welt und periodisch sich wiederholende Welten gelehrt zu haben scheint, darin ein Vorgänger Heraklits. Der Pythagoreer Philolaos spricht von Weltvernichtung teils durch vom Himmel niederströmendes Feuer, teils durch Wasser vom Monde. Inwieweit in den demokritisch-atomistischen Schulen des Altertums ein Welt-

untergang gelehrt worden ist, können wir bei unserer sehr fragmentarischen Kenntnis des antiken Materialismus nicht sagen. Die einzige uns erhaltene umfassende Darstellung eines solchen Systems, das Epos „vom Wesen der Dinge" des großen römischen Dichters und Epikureers Titus Lucretius Carus (gest. 55 v. Chr.) kennt jedenfalls kein gewaltsames, alles zugleich erfassendes Weltende, sondern lehrt die ständige Rückkehr alles aus den Grundstoffen Gewordenen in diese Grundstoffe, II 999 ff.:

> Auch kehrt, was aus der Erde zuvor entstanden, zur Erde
> wieder zurück; und was aus des Äthers Räumen herabkam,
> hebt hinwiederum sich empor zu des Himmels Gewölben.

Tod sei keine Vernichtung der Grundstoffe, sondern Auflösung gewisser Verbindungen zugunsten der Bildung neuer. Diesem Gesetz müssen folgerichtig auch die größten Gebilde, Himmel, Sonne, Erde und Meer, sich fügen, V 373 ff.:

> Nicht ist also die Pforte des Todes dem Himmel verschlossen,
> nicht auch der Sonn' und der Erd' und den tiefen Gewässern des Meeres,
> stets ist sie offen und gähnt sie fürchterlich an mit dem Rachen.

Dinge, die ewig bestehen sollten, müßten notwendig, V 352 ff.:

> dichter Beschaffenheit sein, durch keinerlei Schläge verletzbar,
> nichts eindringen auch lassen, was wäre vermögend, die engen
> Band' im Innern zu lösen,

wie die Grundstoffe selbst, oder wie der leere Raum, dem kein Stoß etwas anhaben könne. Alles aus diesen Elementen (festen Atomen und Leerem) Gemischte aber müsse sich wieder auflösen. Das bedeutet keinen katastrophalen Weltuntergang, sondern eine dauernde, allmähliche Wandlung von einer Bildung zur andern. Weltzerstörungen durch Wasser oder Feuer werden ausdrücklich als ins Reich der Mythe gehörig abgelehnt.

Die heraklitisch-stoische Lehre von der ewigen Wiederkunft ist neuerlich von Friedrich Nietzsche aufgenommen und in einigen Aphorismen und einem großartigen Kapitel des Zarathustra begründet und vertieft worden.

derungen von Weltuntergangskatastrophen vermuten, werden es enttäuscht beiseite legen. Für sie ist es auch nicht geschrieben; vielmehr für jene, denen es auf die Kenntnis der halbwegs gesicherten Ergebnisse der Wissenschaft ankommt.

A. Die astronomischen Beobachtungsergebnisse.

Das Licht. Die einzige Sprache der Sterne für uns ist ihr Licht. Aus den fernsten Himmelsräumen gelangt es an unser Auge und verkündet uns damit die Anwesenheit des Sternes, von dem es kommt, und die Richtung, in der er zu sehen ist. Ist seine Leuchtkraft genügend groß, so reicht das unbewaffnete Auge aus, um ihn sichtbar zu machen. Auf Beobachtungen solcher Art stützte sich die Astronomie des griechischen Altertums wie des arabischen und abendländischen Mittelalters bis zum Jahre 1600, in welchem Galilei zum ersten Male sein eben von ihm erdachtes und konstruiertes Fernrohr gegen den Himmel richtete und sich ihm da Wunder über Wunder offenbarten. Von da ab blieb dieses das Hauptwerkzeug der Astronomen in ihrer nächtlichen Beobachtungstätigkeit, und in je größeren Dimensionen es ausgeführt und mit je feineren Meßvorrichtungen es ausgestattet wurde, desto größer wurde die Zahl der damit sichtbar gemachten Sterne, desto größer, wie man sagt, seine raumdurchdringende Kraft, und desto genauer auch die Bestimmungen der Richtung, in der sie am Himmel zu sehen sind, oder ihrer Koordinaten, die ihren Ort daselbst festlegen.

Im Jahre 1862 kam die Erfindung eines ganz neuen Hilfsmittels zur Erforschung der Sterne durch zwei deutsche Gelehrte, G. Kirchhoff und W. Bunsen, hinzu, das in der kurzen Zeit seitdem schon die gleiche Wichtigkeit erlangte wie das Fernrohr selbst. Setzt man an dieses an Stelle des Okulars das neue Organ an, so wird der Lichtstrahl in seine einzelnen farbigen Bestandteile zerlegt und verkündet uns nunmehr die innere Zusammensetzung des Sternes, von dem er kommt, die chemischen Elemente, die in ihm enthalten sind, und die sich zumeist als mit den bekannten auf der Erde vorkommenden als identisch erweisen. So wie in der Physik und Chemie die Spektralanalyse, so entwickelte sich auch in der Astronomie auf Grundlage dieser neuen Erfindung ein ganz neuer Zweig, die Astrophysik, deren Haupt-

ziel die Ergründung der inneren Konstitution der Himmelskörper bildet, und der auch schon Erfolge aufzuweisen hat, die weit darüber hinausgehen, was man sich je von der Wissenschaft zu erlangen erträumte. Wenn Bessel in einem im Jahre 1832 in Königsberg gehaltenen Vortrage behauptet, daß die Aufgabe der Astronomie nur darin bestehe, Vorschriften zu erteilen, nach denen die Bewegungen der Himmelskörper, soweit sie uns von der Erde aus erscheinen, berechnet werden können, alles andere aber, was man sonst noch von ihnen erfahren kann, wie ihr Aussehen, die Beschaffenheit ihrer Oberflächen zwar der Aufmerksamkeit nicht unwert sei, aber das eigentlich astronomische Interesse nicht berühre, so hat sich jetzt das Verhältnis fast umgekehrt, und astrophysikalische Probleme werden vielfach selbst in wissenschaftlichen Kreisen vor denen der reinen Bewegungsastronomie bevorzugt.

Setzt man endlich an das Fernrohr an Stelle des Okulars eine lichtempfindliche Platte an, so läßt das Licht auf ihr eine Spur zurück, die, mit den Spuren anderer Sterne verglichen, eine Messung seiner Lichtintensität gestattet. Diese in Verbindung mit rein spektralanalytischen Methoden gibt uns wieder Aufschluß über die geringen Farbenunterschiede der Sterne, die vom reinen Weiß über Gelb bis zum reinen Rot reichen, und damit über ihre Temperatur, die im wesentlichen durch ihren Farbenindex bedingt erscheint, als die Differenz zwischen ihrer rein visuell beobachteten optischen Helligkeit gegenüber der durch die Einwirkung auf die photographische Platte gemessenen chemischen Intensität.

Das wichtigste Ergebnis aller so gewonnenen experimentellen Tatsachen ist die Gleichheit der irdischen und kosmischen Stoffe, die sich in ihnen ausspricht und in uns die Hoffnung erregt, daß die in unseren Laboratorien abgeleiteten Gesetze für deren gegenseitige Einwirkung auch im Kosmos ihre Gültigkeit nicht verlieren. Nur unter dieser Voraussetzung ist eigentlich eine Beantwortung der hier angeregten Frage möglich und auch von einigem wissenschaftlichen Interesse, da sie einen Prüfstein bilden kann für die Tragweite dieser Gesetze.

Klassifizierung der Sterne. Die Welt als der Raum über und unter sowie um uns herum ist mit Körpern der verschiedensten Art bevölkert. Von ihnen ist an erster Stelle die

Sonne zu nennen. Sie spendet uns Licht und Wärme, und damit ist sie die Erregerin und Erhalterin jeglichen Lebens auf der Erde. Mit den vielen sich um sie scheinbar in unaufhörlichem Laufe bewegenden Planeten, fast jeder wiederum seinerseits von einem oder mehreren Monden begleitet, ferner mit den vielen geheimnisvollen Kometen, die hier und da und meist ganz plötzlich am Himmel auftauchen, bildet sie unser engeres Vaterland, das Sonnensystem. Die Spektralanalyse lehrt über sie, daß sie ein kontinuierliches Spektrum liefert, wie es ein jeder glühender fester oder tropfbar flüssiger Körper aussendet, daß aber dieses Spektrum von zahlreichen dunklen Linien senkrecht durchzogen wird, daher ein Absorptionsspektrum ist. Woraus man zu schließen hat, daß der glühende Sonnenkern von glühenden Gasmassen umhüllt ist, die eine etwas tiefere Temperatur haben als der Kern selbst. An sich würde diese Hülle helle Linien geben (Emissionsspektrum); indem sie aber die korrespondierenden Strahlen des Zentralkörpers absorbiert, werden die hellen Linien in dunkle verwandelt. Man kennt auch die Temperatur der Sonne, aber nur insoweit, als man annimmt, daß sie die gleiche Strahlungsmenge aussendet wie ein schwarzer Körper, der alle auf ihn auffallenden Strahlen absorbiert und in Wärme umwandelt. Diese so bestimmte Temperatur nennt man ihre effektive. Sie beträgt, berechnet aus der aus direkten Beobachtungen abgeleiteten Zahl der Kalorien, welche ihre Strahlung bei senkrechtem Einfall in einer Minute einer Fläche von 1 $\overline{cm}^2$ zuführt (etwa 2·1—2·2 Kalorien), ungefähr 6500°, und diese Zahl stellt gewissermaßen einen Mittelwert vor, von welchem die Temperaturen der leuchtenden Photosphäre oder gar des glühenden Kernes bedeutend abweichen können. Er entspricht der Bedingung, nach der ein schwarzer Körper von derselben Größe wie die Sonne und in gleicher Entfernung von der Erde eine solche haben müßte, damit seine Gesamtstrahlung auf die Erde dieselbe Wirkung hervorbrächte, wie es die Sonne tut.

Außer ihr leuchtet noch eine fast unermeßliche Zahl von Sternen vom nächtlichen Himmel auf uns herab. Die spektralanalytischen Untersuchungsmethoden in Verbindung mit der Messung ihrer Leuchtkraft, wozu als dritter Faktor hinzukommt die Beobachtung ihres Farbenindex, sagen von ihnen aus, daß sie im

allgemeinen, wie dies früher schon aus Wahrscheinlichkeitsgründen erschlossen wurde, der Sonne ähnliche Körper sind, was ihre Größe und ihre Konstitution anlangt, daß aber doch wesentliche Unterschiede zwischen ihnen bestehen, sowohl in dem Gehalt an einzelnen chemischen Elementen wie auch ihrer Temperatur. Dadurch weisen sie auf verschiedene Phasen ihrer Entwicklung hin, die jüngsten im Zustande der höchsten Temperatur, von etwa 8—13000°, sind die weißen Sterne, sodann die gelben, zu denen auch unsere Sonne zählt, mit Temperaturen von 5—7000°, und endlich die roten mit Temperaturen von 4000 bis etwa 2500° als die am meisten abgekühlten, schon vielleicht dem Zustande des Verfallens oder des Erstarrens nahe.

Als eine neue Gruppe sind zu betrachten die eigentümlichen, über den ganzen Himmel zerstreut sich vorfindenden und in den verschiedensten teils regelmäßigen teils ganz bizarren Formen auftretenden Nebel. Den Übergang von den Sternen zu ihnen bilden zunächst die Nebelsterne; sie bestehen aus einem, oft auch mehreren Sternen, die von einer Nebelmasse umgeben sind, nach Art einer nach außen allmählich an Helligkeit abnehmenden Atmosphäre. Dann folgen die planetarischen Nebel, die als kleine kreisrunde oder elliptische Scheibchen erscheinen, meist mit einem Zentralstern. Die Photographie, die überhaupt erst eine Kenntnis der feineren Struktur der Nebelflecke ermöglichte, zeigt auf den Scheibchen häufig ein sehr kompliziertes Detail. Weiter kommen die Ringnebel, für die als schönstes und zugleich typisches Objekt am Himmel der Ringnebel im Sternbilde der Leier gelten kann. Sie gleichen elliptischen Ringen, in deren Mitte wiederum ein Zentralstern steht, aber ihre Helligkeit ist im Innern kleiner und nimmt nach dem äußeren Umfang zu. Alle diese Objekte sind meist lichtschwach und daher nur in größeren Fernrohren zu sehen. Viel heller und glänzender sind die unregelmäßigen Nebel, zu denen als schönstes Objekt der Nebel im Sternbilde des Orion gehört, der schon im Jahre 1619 von Cysatus in Ingolstadt, dann seit 1650 von Huygens eifrigst beobachtet wurde. Über größere Gebiete des Himmels, oft über mehrere Quadratgrade, dehnen sich die erst in den letzten Jahren durch photographische Daueraufnahmen entdeckten Nebel von ganz unregelmäßiger Form aus, wie die Nebel in der Gruppe der Plejaden

(entdeckt von den beiden Brüdern Henry in Paris), dann der Amerikanebel im Sternbilde des Schwans (entdeckt von Wolf in Heidelberg). Eine besondere Klasse bilden ferner die Spiralnebel; ihre Zahl ist eine enorm große und ihr Anblick im Fernrohr je nach ihrer Lage im Raume dem Sehstrahl gegenüber ein sehr verschiedener. Sehen wir in senkrechter Richtung auf sie, so zeigen sie sich als ein heller Lichtfleck (Kern), von dem in Spiralform zwei oder mehrere Arme ausgehen. Ein Beispiel hierzu ist der Spiralnebel im Sternbilde der Jagdhunde. Sehen wir aber gegen die Kante, so wird bloß ein heller, schmaler Streifen sichtbar, und in der Zwischenstellung zwischen diesen beiden Grenzfällen ergibt sich ein Bild, wie es der große, schon im Jahre 1612 von Simon Marius in Ansbach beobachtete Andromedanebel dem Auge bietet, eine Ellipse mit hellem Kerne in der Mitte, um welchen herum man dunkle Streifen wahrnimmt, das sind die Zwischenräume zwischen den Windungen der Spiralen. Füglich kann man jeden planetarischen Nebel als einen Spiralnebel ansehen.

Die spektralanalytische Untersuchung dieser Gruppe von Himmelskörpern, soweit eine solche bei ihrer Lichtschwäche bis heute möglich war, führte zu einem doppelten Ergebnisse. Im allgemeinen zeigen die meisten unter ihnen ein kontinuierliches Spektrum analog den Sternen. Sie sind also tatsächlich als Sterne anzusehen, die vielleicht nur so dicht gedrängt aneinanderstehen, daß eine optische Trennung ihrer einzelnen Teile unmöglich ist, und gehören daher zu den sogenannten Sternhaufen, von denen man ebenfalls eine ganz stattliche Zahl am Himmel findet. Oder sie zeigen ein nur aus wenigen hellen Linien bestehendes Emissionsspektrum und weisen damit dahin, daß sie teils tatsächlich glühende, teils vielleicht nach Art der verdünnten Gase in Geißlerschen Röhren infolge elektrischer Entladungen leuchtende Gasmassen sind. Die Linien selbst gehören zumeist dem Wasserstoff (H), dann auch dem Helium (He) an, außerdem aber treten noch zwei besondere Linien im Grün auf, die bis heute noch nicht in dem Spektrum eines irdischen Elementes nachgewiesen werden konnten und daher einem noch unbekannten Gase angehören, dem man den Namen Nebulium gab.

Als dritte Gruppe tritt die Milchstraße hinzu, jener im

weißlichen Lichte schimmernde Kranz, der sich über den ganzen Himmel dahinzieht, ihn fast in zwei gleiche Teile teilend. Es war einer der schönsten Erfolge, den Galilei erzielte, als er mit seinem selbst konstruierten Fernrohr den Himmel durchmusterte, seinen Blick auch auf die Milchstraße richtete und fand, daß sie im wesentlichen eine Anhäufung von Sternen sei, die da so dichtgedrängt aneinanderstehen, daß das unbewaffnete Auge sie nicht mehr trennen könne und so den Eindruck eines im schwachen Lichte schimmernden Streifens empfinde. Neuere Beobachtungen mit den Riesenfernrohren der modernen Sternwarten oder photographische Daueraufnahmen mit einer Expositionszeit von mehreren Stunden, die sich über einige Nächte erstrecken, bestätigten dieses Ergebnis. Sie sagen, daß die Milchstraße sich tatsächlich aus unzählig vielen Sternen zusammensetzt, die in der merkwürdigsten Weise bald zu Flocken gehäuft sind, bald dunkle Risse zwischen sich lassen, daß aber doch an einzelnen Stellen ein kontinuierlicher Lichtschein auftritt, der nicht durch das Zusammendrängen zahlloser Sterne bewirkt wird, sondern, wie dies sich auch schon für diese zarten Gebilde durch das Spektroskop nachweisen ließ, aus wirklichen Nebel- oder Gasmassen besteht, die sich zwischen den Sternen ausbreiten.

Doch damit ist die Abzählung der im Weltraume enthaltenen Körper noch nicht erschöpft. Viele Erscheinungen, die sich in unserem Sonnensystem abspielen, aber auch in das der Sterne hineingreifen, wie die der Kometen, der kleinen anmutigen Sternschnuppen und auch der großen Feuerkugeln deuten darauf hin, daß der Raum zwischen unserer Sonne, den Sternen und Nebeln keineswegs leer ist, sondern eine nicht unbeträchtliche Zahl von Körpern von den kleinsten Dimensionen im Gewichte von einigen Gramm bis zu den größten von mehreren Tausenden von Kilogramm enthält, die teils in regelmäßigen parallelen Bahnen als Meteorschwärme, teils ganz regellos im Raume umherschwirren. Man hat für sie die Bezeichnung kosmischer Staub eingeführt. Sie dürften speziell in unserem Sonnensystem in besonders dichter Verteilung den Raum in der Nähe der Sonne erfüllen, aber auch sonst in den Räumen zwischen den Sternen in großer Ausdehnung und hier und da auch in größerer Dichte sich vorfinden.

Die Kräfte im Sonnensystem. Nur für die einzelnen Glieder des Sonnensystems sind die Kräfte bekannt, durch die sie an die Sonne als den Zentralkörper und gleichzeitigen Kraft- und Lebensspender für alle, sowie auch aneinander gefesselt erscheinen und mit ihr einen einheitlichen Mechanismus bilden. Es ist dies die allgemeine Schwere oder Gravitation. Ihr Gesetz wurde im Jahre 1687 von J. Newton aufgestellt. Es lautet in seiner wahrhaft klassischen und wunderbaren Einfachheit: Zwei Körper üben aufeinander eine Anziehung aus, die im Verhältnisse ihrer Massen zu- und im Verhältnisse des Quadrates ihres Abstandes abnimmt. Seiner Anwendung auf die Bewegung der Planeten haben sich aber bedeutende Schwierigkeiten gegenübergestellt und große Anstrengungen der mathematischen Analyse erfordert. Trotzdem hat es sich seitdem so bewährt, daß die Astronomen auf seiner Grundlage auf Jahrhunderte hinaus in die ferne Zukunft über die Bewegung der Planeten um die Sonne Rechenschaft geben können, wie auch für die gleichen Zeiträume in die zurückliegende Vergangenheit, wenn es sich etwa darum handelt, das Datum eines historischen Ereignisses durch die Berechnung von mit ihm in Verbindung gebrachten astronomischen Planetenkonstellationen chronologisch festzustellen. Fragt man nach dem Grunde dieser Schwierigkeiten, so liegt die Antwort in dem Worte Störungen. Nur dann, wenn man einzig der Sonne die anziehende Kraft zuschreibt, beschreiben die Planeten um sie die relativ einfachen Bahnen, deren Gesetze Kepler aus dem reichen, mit großer Sorgfalt von Tycho Brahe gesammelten Material an beobachteten Planetenorten zwischen den Sternen am Himmel aufgestellt hat. Sie lauten:

1. Jeder Planet bewegt sich in einer Ellipse um die Sonne, so daß diese einen der beiden Brennpunkte einnimmt.

2. Die von dem Leitstrahl des Planeten zurückgelegten Flächen wachsen gleichmäßig mit der Zeit.

3. Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten um die Sonne verhalten sich wie die dritten Potenzen der Halbachsen ihrer Bahnen.

Aber nichts rechtfertigt uns, diese vereinfachende Annahme von der einzig von der Sonne ausgehenden Anziehung auf die Planeten zu machen. Vielmehr müssen auch die anziehenden Kräfte,

die sie wechselseitig aufeinander ausüben, mit in Rechnung gezogen werden, und da sie fortwährend ihre Lage zueinander im Raume ändern und jeder Änderung auch eine Änderung der zwischen ihnen wirkenden Kraft ihrer Intensität wie ihrer Richtung nach entspricht, so entstehen dadurch Abweichungen von deren rein Keplerschen Bewegungen, die man als Störungen bezeichnet. Sie sind ebenso verwickelt zu berechnen, als das Gesetz, aus dem sie hervorgehen, einfach ist. Es hat ein besonders Interesse, an der Hand der Geschichte der Astronomie der beiden letzten Jahrhunderte die Wechselwirkung zu verfolgen, welche einerseits die mathematische Analyse in dem Bestreben, die Bewegung der Planeten auf Grund des Newtonschen Gesetzes zu berechnen, andererseits die astronomische Beobachtungskunst, ihren Ort am Himmel mit größter Genauigkeit festzustellen, aufeinander ausübten. Zuerst war die Praxis weiter als die Theorie, dann wieder überflügelte sie jene, bis endlich heute beide fast gleichen Schritt miteinander halten, und die erzielte Genauigkeit so groß ist, daß die Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung nur einige wenige Zehntel Bogensekunden betragen; mit einigen wenigen Ausnahmen, wie beim Planeten Merkur, bei dem sich eine um 41″ für ein Jahrhundert zu kleine, aus den Störungen der anderen Planeten herrührende Verschiebung des Perihels seiner elliptischen Bahn zeigt, als sie aus den Beobachtungen ermittelt wurde, dann bei dem Enckeschen Kometen, dessen nach 3·3 Jahren zählende Umlaufszeit um die Sonne bei jedem Umlauf um 2—3 Stunden sich verkürzt, und endlich bei unserem Monde, dessen Lauf um die Erde im Jahrhundert um etwa 2—3″ rascher erfolgt, als es nach der Theorie der Fall sein sollte.

Doppelsterne. Verlassen wir nunmehr den Bereich unseres Sonnensystems und begeben uns in die Region der Fixsterne, da lenken vor allem die Doppelsterne unsere Aufmerksamkeit auf sich, das sind Paare von Sternen, aber auch Gruppen von mehreren Sternen, die so enge aneinanderstehen, daß nur stärkere optische Hilfsmittel die einzelnen Glieder voneinander zu trennen imstande sind und die Vermutung nahe liegt, daß sie nicht nur optisch, sondern auch physisch miteinander zusammenhängen. W. Herschel war der erste, der systematisch den Himmel nach ihnen durchforschte. Seine Bemühungen waren auch von einem außerordent-

lichen Erfolge gekrönt. Als er nämlich nach Verlauf von etwa 20 Jahren die von ihm entdeckten Sternpaare wieder beobachtete, konnte er bei vielen eine wohl kleine, aber doch merkliche, bei mehreren sogar eine bedeutende Drehung ihrer Verbindungslinie feststellen und schloß daraus, daß die beiden Sterne umeinander Umlaufsbahnen beschreiben. Es lag auch hier wieder der Gedanke nahe, diese Bewegungen anziehenden Kräften zuzuschreiben, die die zwei Sterne aufeinander ausüben — und wohl dem Newtonschen Gesetze gehorchen. Ein strenger Beweis hierfür war bei der Kürze der Zeit, über die sich die Beobachtungen Herschels erstreckten, noch nicht möglich. Allein seit Herschel und auf seine Anregung hin setzten andere Beobachter die so begonnene Arbeit fort und bestätigten nach jeder Richtung seine Entdeckung, durch die der Bereich der Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes über die Sphäre der Sonne hinaus in die der Sterne ausgedehnt wurde.

Die Bestimmung der Bahnen dieser Doppelsterne, von denen heute schon mehrere tausend bekannt sind, die Vorausberechnung ihrer gegenseitigen Lage unter der Annahme, daß für die zwischen ihnen wirkende Kraft das Newtonsche Gravitationsgesetz gilt, bildet seit dieser Zeit ein neues und wichtiges Gebiet der theoretischen Astronomie, dessen Umfang stets zunimmt, und das auch schon in anderer Richtung hin neue und interessante Tatsachen zutage förderte. Dazu gehört vorerst die Entdeckung der spektroskopischen Sternpaare, d. h. solcher, die bisher visuell noch nicht voneinander getrennt werden konnten, deren Doppelnatur sich daher nur in kleinen periodischen Veränderungen ihrer nach dem Dopplerschen Prinzip spektroskopisch gemessenen Radialgeschwindigkeiten zeigte. Dann eine Gruppe optisch veränderlicher Sterne, für die die Hypothese aufgestellt wurde, daß der Verlauf ihres Lichtwechsels durch das Dazwischentreten eines relativ dunklen Begleiters verursacht werde und daß man es daher bei ihnen ebenfalls mit Doppelsternen zu tun habe. In der Tat brachten auch spektroskopische Beobachtungen vieler unter ihnen die Bestätigung der Richtigkeit dieser Anschauung.

Das System der Fixsterne. Ist hiermit die Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes für die gegenseitige Anziehung einiger Sterne erwiesen, so entsteht nunmehr die Frage, ob es auch

innerhalb der Gesamtheit der Fixsterne das Grundgesetz für deren gegenseitige Einwirkung und Bewegung abgibt — oder ob man es bei ihnen im Gegenteile mit einem unentwirrbaren Chaos zu tun habe. Herrscht, so stellt Kant die Frage, das Systematische, das in der Verbindung der Planeten, die um ihre Sonnen laufen, wahrnehmbar ist, auch in der Menge der Fixsterne, oder besitzen diese kein Gesetz, durch das ihre Lagen gegeneinander eingeschränkt werden, so daß sie alle Himmel und aller Himmel Himmel ohne Ordnung und ohne Absicht erfüllen? Um diese Frage zu beantworten, werde vorerst die folgende kurze Rechnung durchgeführt, die uns ein Bild geben möge von der Größe der Sterne im Vergleiche zu ihren gegenseitigen Entfernungen.

Es ist bekannt, daß die Millionen von Fixsternen Sonnen sind, ähnlich wie unsere Sonne, deren Durchmesser etwa 100 mal so groß ist als der der Erde. Es ist ebenso fast als sicher anzunehmen, daß die Größe der Sterne im Mittel der der Sonne gleicht, daß es unter ihnen weder solche gibt, die gar zu klein sind, noch auch solche, die sie bedeutend übertreffen. Betrachten wir nun die Welt mit einem überirdischen Auge, dem die 1 330 000 km, die der Durchmesser der Sonne beträgt, so groß erscheinen wie uns ein Millimeter, so daß alle Fixsterne Kugeln von im Mittel 1 mm Durchmesser, also etwa von der Größe von Stecknadelköpfen werden, dann sinkt ihre mittlere Entfernung, die entsprechend einer Parallaxe von 0″2 nach 150 Billionen Kilometern zählt, auf etwas über 100 km herab. Von dem Zusammenhange der Sterne sprechen heißt danach, von der Wirkung sprechen, die Stecknadelköpfe in der gegenseitigen Entfernung von 100 km aufeinander ausüben. In solcher Verdünnung ist die Materie im Raume verteilt. Für den Merkur wäre diese Distanz von der Sonne, auf die gleiche Maßeinheit zurückgeführt, 43 mm, für die Erde 112 mm und erst für den von der Sonne am weitest abstehenden Neptun 18·5 m. Das sind die Entfernungen innerhalb unseres Sonnensystems im Vergleiche zu denen der Sterne voneinander. Und selbst in den Sternhaufen und in der Milchstraße, in denen die Sterne dichter gedrängt vorkommen, würde ihre Entfernung, auf das gleiche Maß herabgesetzt, noch immer einige Kilometer betragen, wie beispielsweise in der Gruppe der Hyaden 30 km.

Jahrhundertelang hielt man die Sterne für unbewegt. Erst der neueren Beobachtungskunst gelang es, auch deren Bewegung nachzuweisen, und sie wird heute in doppelter Richtung beobachtet. Zunächst (Halley, 1716) darin, wie sie sich dem Auge durch eine Verschiebung des Ortes des Sternes an der scheinbaren Himmelskugel bemerkbar macht. Bestimmt man nämlich an einer Sternwarte zu einer beliebigen Zeit diesen Ort durch Festlegung der Sehrichtung nach dem Sterne und wiederholt diese Beobachtung zu einer späteren Periode, so erhält man in beiden Fällen für die Koordinaten des Sternes, seine Rektaszension und Deklination, zwei Wertepaare, die nicht ganz zusammenfallen, und deren Differenz bezeichnet man als dessen Eigenbewegung. Sodann durch Messung der Geschwindigkeit des Sternes längs des Sehstrahles nach dem Dopplerschen Prinzip, nach welchem Sterne, die sich uns nähern, in ihrem Spektrum eine Verschiebung der Linien nach dem roten, und die sich von uns entfernen, eine solche nach dem violetten Ende zeigen. Der Vergleich des Spektrums eines Sternes mit dem normalen eines irdischen Elementes gestattet es, diese Linienverschiebung zu messen und aus ihr diese neue Komponente der Eigenbewegung des Sternes, seine Radialgeschwindigkeit zu berechnen. Leider sind die bei diesen zwei Beobachtungen auftretenden Maßeinheiten nicht identisch und auch schwer miteinander vergleichbar. Die erstere, die der Differenz in den zu zwei verschiedenen Zeitepochen fixierten Sehrichtungen nach demselben Sterne gleichkommt, wird im Winkelmaße dargestellt, die zweite dagegen hängt von der Geschwindigkeit des Sternes im Verhältnisse zu der des Lichtes ab und kann daher so wie diese nur in Kilometern für jede Sekunde ausgedrückt werden. Diese Verschiedenheit der Maßeinheiten hat zur Folge, daß man im allgemeinen nicht beide zu einer Resultierenden zusammensetzen kann. Es ist dies nur dann möglich, und damit die totale Bewegung des Sternes nur dann berechenbar, wenn man die Distanz des Sternes von der Sonne kennt und damit in der Lage ist, die Winkelgrößen der ersteren Bewegung ebenso in Kilometern anzugeben, wie dies bei der zweiten der Fall ist.

Lambert (1761) gab zuerst dem Gedanken Ausdruck, daß wie die Sterne auch die Sonne eine Eigenbewegung habe und daß somit die beobachteten Sternbewegungen die Resultierenden zweier

sind, 1. der Sonne, die uns als ruhend erscheint und deren Bewegung wir daher im entgegengesetzten Sinne auf die Sterne übertragen, geradeso wie wir in einem dahinfahrenden Eisenbahnzug sitzend glauben, daß wir in Ruhe sind, während die ruhende Umgebung sich im entgegengesetzten Sinne bewegt, 2. ihrer ihnen selbst eigentümlichen sogenannten Spezialbewegung. Aufgabe der Astronomie sei es daher, beide voneinander zu trennen und damit die Richtung (Zielpunkt oder Apex) anzugeben, nach der die Sonne hin den Raum durcheilt. Kaum 20 Jahre später, im Jahre 1783, löste sie Herschel bereits, und zahlreiche neue Rechnungen, die auf Grund eines stetig anwachsenden Beobachtungsmaterials durchgeführt wurden, bestätigten immer mehr das Resultat der Herschelschen Untersuchungen. Es lautet: Unsere Sonne mit allen ihren Planeten und Kometen hat eine fortschreitende Bewegung im Raume, die nach dem Sternbilde des Herkules gerichtet ist. Die Ortsverschiebungen der Sterne am Himmel sind daher nur zum Teil reell, zum anderen aber perspektivische Wirkungen der Sonnenbewegung im Raume. Wegen ihrer Kleinheit sind sie bisher nur als geradlinig erkannt. Erst wenn sich eine Änderung der beobachteten Geschwindigkeiten oder eine Krümmung ihrer Bahn werde feststellen lassen, werde man aus ihnen, wie es die Grundgesetze der Mechanik sagen, auf die Kräfte schließen können, durch welche sie hervorgerufen werden. Dazu genügt jedoch das heute vorliegende Beobachtungsmaterial noch nicht. Im günstigsten Falle wird es nach einigen Jahrhunderten verfügbar sein.

Die Kräfte, die im System der Fixsterne deren Bewegung regeln, sind, wie sich daraus ergibt, zunächst ganz unbekannt, und die Astronomie muß nach anderen Hilfsmitteln Umschau halten, will sie trotzdem deren dynamischen Zusammenhang ergründen.

Das System der Fixsterne und die Theorie der Gase. Die Methode, nach der Herschel und seine Nachfolger die eben erwähnte Aufgabe lösten, ist die statistische. Sie wird stets da angewendet, wo es sich um Massenerscheinungen handelt, die, sie mögen im einzelnen ganz regellos verlaufen, doch im großen in der Menge der zur Rechnung herangezogenen Glieder und in den aus ihnen abgeleiteten Durchschnittswerten Gesetzmäßigkeiten zeigen. Sie wird so genannt, weil sich ihrer die Statistiker

bedienen, um aus den menschlichen Massenerscheinungen, wie der Bevölkerungszahl, der Geburtenziffer, der Heiratsfrequenz, der Höhe der Sterblichkeit oder auch nur der der Krankheit und Invalidität trotz der scheinbaren Gesetzlosigkeit der Einzelfälle bestimmtere quantitative Messungen durchführen zu können.

Als eine solche Massenerscheinung faßt man auch das System der Sterne mit den unter ihnen beobachteten, wie man hier sagt, scheinbaren Eigenbewegungen auf. Man geht von der Vorstellung aus, daß die eine Komponente, nämlich deren Spezialbewegung, gesetzlos im Raume verläuft und sich die ihr entsprechenden Geschwindigkeiten, wenn man nur ein genügend großes Gebiet am Himmel in Rechnung zieht, gegenseitig aufheben, während die zweite Komponente, die von der Eigenbewegung der Sonne herrührt, in demselben Gebiete eine fast unveränderliche Größe hat. In den aus den beobachteten oder scheinbaren Eigenbewegungen genommenen Durchschnittswerten wird daher der Einfluß der ersteren Komponente verschwinden und nur die der zweiten, das ist aber die unbekannte Apexbewegung der Sonne, übrigbleiben, deren Richtung und Größe sich damit auf diesem im wesentlichen recht einfachen Wege berechnen läßt. Einer ähnlichen Massenerscheinung begegnen wir nun auch in der Physik in der in neuerer Zeit aufgestellten Theorie der Gase. Danach betrachtet man diese als ein Gemenge von Molekeln, die nach allen möglichen Richtungen mit den verschiedensten Geschwindigkeiten durcheinanderschwirren, aneinanderstoßen und wieder voneinander abprallen, durch die Stöße, die sie auf die Wände des sie einschließenden Gefäßes ausüben, den Gasdruck, und durch die Lebhaftigkeit ihrer Geschwindigkeit die Temperatur erzeugen, zum Unterschiede von den festen und flüssigen Körpern, deren Molekeln doch ein mehr oder minder größeres Zusammengehörigkeitsgefühl zueinander haben und nur um gewisse feste stabile Lagen mehr oder weniger ausgreifende Schwingungen ausführen. Man könnte meinen, daß diese Vorstellung über den Aufbau der Gase gar zu unbestimmt ist, um aus ihr zu den experimentell festgestellten Gesetzen über deren physikalisches Verhalten zu gelangen. Doch ist dies nicht der Fall; im Gegenteile, durch Bildung von Durchschnittswerten, durch Annahmen über die Verteilung der Geschwindigkeiten nach den Regeln der Wahrscheinlichkeits-

rechnung kommt man tatsächlich zu ganz klaren Beziehungen zwischen den die Eigenschaften der Gase charakterisierenden Größen, die mit den experimentellen Tatsachen in bester Übereinstimmung stehen.

Eine merkwürdige Analogie, die sich da zeigt, zwischen den Molekeln eines in einem Gefäß eingeschlossenen Gases, deren Größe im Durchschnitt auf 0·2—0·3 Millionstel eines Millimeter im Durchmesser geschätzt wird, einerseits und den Sternen im Weltraume andererseits, deren Durchmesser im Mittel mehr als eine Million Kilometer beträgt, eine merkwürdige Analogie zwischen den ersteren als einer Welt im kleinen und den zweiten als einer solchen im großen. In jener hat man es zu tun mit einem unentwirrbaren Gemenge von kleinsten Körperchen, in dieser mit einem ebensolchen, wie Kant sagt, ohne jede Ordnung und Absicht zerstreuten Gewimmel von Körpern von fast unvorstellbarer Größe. Eine interessante Folgerung ist schon aus ihr, die man in neuester Zeit vielfach behandelte, erschlossen worden. Nach den Lehren der statistischen Mechanik verteilt sich nämlich die Energie in einem derartigen System von Körpern, deren Moleküle wie in einem Gase regellos durcheinanderschwirren, gleichmäßig auf die einzelnen Teile. Es gilt die Beziehung, daß das Produkt aus Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit als Maß der Energie im Mittel eine konstante Größe ist, demzufolge daher den größeren Massen die kleineren Geschwindigkeiten zukommen müssen und umgekehrt den kleineren Massen die raschere Bewegung. Aber die Frage, ob dieses Gesetz auch im System der Sterne gilt, konnte bisher nicht mit größerer Sicherheit beantwortet werden. Die Geschwindigkeiten der Sterne sind wohl aus den Beobachtungen zum Teil bekannt; sie führten zu dem Ergebnis, daß im allgemeinen die weißen Sterne die kleineren, die roten die größeren Geschwindigkeiten besitzen. Doch die Massen der Sterne sind uns unbekannt. Sie lassen sich derzeit nur bei Doppelsternen, deren Zahl immerhin gegen die Gesamtzahl der Sterne überhaupt eine sehr geringe ist, aus deren bekannten Umlaufsbewegungen abschätzen. Trotzdem scheinen in dieser Richtung durchgeführte Rechnungen tatsächlich darauf hinzudeuten, daß den weißen Sternen, die nach den Beobachtungen die kleineren Geschwindigkeiten haben, die größeren Massen, den roten

dagegen mit ihrer rascheren Bewegung die kleineren Massen zukommen, im Mittel aber wieder alle der Sonne ziemlich nahekommen. Somit ist das statistische Gesetz über die gleiche Verteilung der Energie auch für die Sterne mindestens näherungsweise als richtig erwiesen.

Eine weitere Folgerung aus dieser Analogie wäre die Anschauung, daß es nunmehr eine müßige Aufgabe ist, nach einem dynamischen Zusammenhange zwischen den Sternen zu suchen, so wie er etwa zwischen den Gliedern in unserem Sonnensystem durch die Newtonsche Gravitationskraft gegeben ist. Ein solcher besteht entweder gar nicht, oder er ist so klein, daß sein Einfluß nicht in Betracht kommt, ebensowenig wie er in einem Gase vorhanden ist, für das der Einfluß der Schwere der Molekeln auf ihre innere regellose Bewegung als fast verschwindend angesehen wird. Vielmehr ist er zu ersetzen durch den neuen Begriff des *statistischen Gleichgewichtes* als des Bestrebens, alle zu großen Differenzen in den Geschwindigkeiten der Sterne auszugleichen, bis endlich eine Verteilung sich einstellt, die rein den Zufallsgesetzen entspricht (Maxwellsches Verteilungsgesetz). Auch bei den menschlichen Massenerscheinungen tritt ein solches von Natur aus ein, wenn etwa, um ein Beispiel anzuführen, die Zahl der Knabengeburten nie gar sehr die der Mädchen übertrifft, sondern das Verhältnis beider zur Zahl der Geburten überhaupt durch Jahrzehnte hindurch konstant bleibt.

Andererseits scheint es jedoch, als ob diese Analogie doch nicht vollauf zutrifft. Neuere Untersuchungen über die Eigenbewegungen der Sterne, die namentlich auf eine Kritik der Methoden zur Bestimmung des Zielpunktes der Sonnenbewegung hinzielten, ergaben das Resultat, daß die Spezialbewegungen der Sterne als die Reste, die von den beobachteten nach Abzug der Sonnenbewegung übrigbleiben, keineswegs so regellos verlaufen, wie es den reinen Zufallsgesetzen entspricht, sie im Gegenteile ganz eigentümliche Gesetzmäßigkeiten zeigen, die an der Zulässigkeit der Analogie der Bewegungen der Sterne mit denen der Gasmolekeln begründeten Zweifel entstehen lassen.

Zur Erklärung dieser neu aufgedeckten Gesetzmäßigkeiten sind mehrfache Versuche gemacht worden. Gemeinsam ist ihnen die Anschauung, daß sie am besten dahin gedeutet werden können,

als ob es im Raume neben der Bewegungsrichtung der Sonne noch eine Reihe anderer ausgezeichneter gebe, Heerstraßen genannt, denen die Sterne mit Vorliebe folgen. Die erste Hypothese, von Kapteyn in Groningen aufgestellt und von Eddington in Cambridge mathematisch durchgeführt, teilt das System der Fixsterne in zwei Schwärme, deren Bewegungen ganz unabhängig voneinander vor sich gehen und die sich gegenseitig so durchsetzen, wie die Molekeln zwei verschiedener Gase sich durchdringen. In einem der Schwärme erfolgt die Bewegung der Sonne, und die relative Bewegung des zweiten gegen ihn gibt dann die zweite Vorzugsrichtung an, auf der seine Sterne einherziehen. Sie wird der Vertex der Sternbewegungen genannt und ist dadurch ausgezeichnet, daß sie in der Milchstraße liegt. Gegen diese Hypothese erhob Schwarzschild den Einwand, daß sie mit der Vorstellung von der Einheitlichkeit des ganzen Milchstraßensystems, die besonders durch die Untersuchungen von v. Seeliger fest begründet erscheint, nur schwer vereinbar sei. Er stellt ihr eine neue entgegen. Sie beruht wieder im wesentlichen auf der Annahme, daß der Raum eine Art kristallinischen Gefüges habe, derart, daß die Geschwindigkeiten in ihm nach verschiedenen Richtungen verschieden verlaufen, wohl nicht mehr rein zufalls-, aber doch nur so weit gesetzmäßig, wie etwa die Ausbreitung des Lichtes in Kristallen gewisse Hauptrichtungen bevorzugt und daher nicht mehr kugelförmig, sondern ellipsoidisch vor sich geht. Die Hauptachsen des Ellipsoids sind dann die ausgezeichneten Bewegungsrichtungen, die von den Sternen mit Vorliebe begangen werden. Die dritte Hypothese endlich setzt voraus, daß die Sonne, von der aus die Beobachtungen der Sterne erfolgen (denn bei der großen Entfernung dieser sind heliozentrischer und geozentrischer Standpunkt des Beobachters als identisch anzusehen), eine exzentrische Stellung im System einnimmt und daher der Anblick der Bewegungen von diesem exzentrischen und mit den Sternen mitbewegten Ort aus stattfindet. Eine Analogie hat diese Hypothese in den Bewegungen der kleinen Planeten, die wie ein Schwarm von fast mehr als 800 Einzelgliedern in dem Raume zwischen Mars und Jupiter ihre elliptische Bahnen um die Sonne beschreiben, deren Bewegungen aber von der Erde aus, also von einem exzentrisch gelegenen Orte aus beobachtet

werden. In der Tat brachte eine nach gleichen statistischen Methoden durchgeführte Rechnung, wie sie bei den Sternen angewandt wird, den Nachweis, daß in ihnen merkwürdigerweise Gesetzmäßigkeiten von demselben systematischen Charakter auftreten, wie sie eben neuestens bei diesen aufgefunden wurden.

Alle drei Hypothesen haben sich bisher gleich gut bewährt. Die aus ihnen berechnete Verteilung der Bewegungsrichtungen der Sterne gibt, verglichen mit den aus den Beobachtungen ermittelten, eine gleich gute Darstellung, sowohl in ihrer Abhängigkeit vom Ort am Himmel wie auch in der Bestimmung des Zielpunktes der Sonnenbewegung. Es kann also nach dem zur Zeit vorliegenden Beobachtungsmaterial an Sternbewegungen weder zugunsten noch zuungunsten der einen oder der anderen eine Entscheidung getroffen werden, und da sie in einem Punkte übereinstimmen, nämlich der rein den Zufallsgesetzen entsprechenden Verteilung der Sterne, so gewinnt es den Anschein, als ob die Analogie mit den Bewegungen der Molekeln in einem Gase, auf der sie alle drei mit einigen Einschränkungen beruhen, doch aufrechterhalten werden könne. Trotzdem sei hier noch auf einen wesentlichen Umstand aufmerksam gemacht. Während in einem Gase oder Gasgemisch die Molekeln in allen möglichen Bahnebenen umherschwärmen, ist es bei den Sternen nicht der Fall. Bei ihnen tritt uns eine bevorzugte Ebene entgegen, die Ebene der Milchstraße. Sie erscheint damit für sie als nicht bloß von statistischer Bedeutung als Ebene der größten Sternfülle, in der die Sternzahlen weitaus die an anderen Stellen des Himmels übertrifft, sondern auch von dynamischer Wichtigkeit, da parallel zu ihr die Bewegungen der Sterne vorzugsweise verlaufen. Damit kommt wieder eine neue Analogie zum Vorschein. Sie bringt das System der Sterne in Beziehung zu unserem spezielleren Vaterlande, dem Sonnensystem, in welchem gleichfalls alle Bewegungen, sowohl die der Planeten um die Sonne, wie mit wenigen Ausnahmen auch die der Monde um die Planeten vorzugsweise in einer Ebene stattfinden, die mit der Ekliptik als der besonderen Bahnebene der Erde zusammenfällt. Aus ihr wäre die Folgerung zu ziehen, daß trotz aller Verwandtschaft mit den Gasen doch zwischen den Sternen ein mechanischer Zusammenhang besteht, und zwischen ihnen Kräfte wirken, deren

Einfluß keineswegs zu vernachlässigen ist. Sollten sich diese sogar als mit der Newtonschen Gravitationskraft identisch zeigen, so würde sich aus ihm neben der auf spektralanalytischem Wege erwiesenen Gleichheit aller Materie im Raume auch die Universalität des Gesetzes der Schwere ergeben.

Aber so einfach dürfte ein solcher Nachweis nicht zu erbringen sein. Schon unser Sonnensystem, in seiner streng monarchischen Verfassung, in der die Sonne durch ihre Masse weitaus alle anderen Glieder übertrifft, die sie zur unaufhörlichen Bewegung um sich zwingt, bietet in den Störungen ein ziemlich verwickeltes Problem, das der mathematischen Behandlung durchaus nicht leicht zugänglich ist. Mehr natürlich noch das System der Fixsterne, deren Massen fast alle einander gleich sind. Wie es sich um die Bewegungen in einer derartigen Menge verhält, darüber sind zunächst nur sehr wenige Untersuchungen angestellt worden, und auch diese sind nur näherungsweise durchgeführt und daher keineswegs voll beweiskräftig.

B. Das Sonnensystem.

Die Stabilität des Sonnensystems. Man weiß, und es folgt dies aus dem allgemeinen Anziehungsprinzip nach Newton, daß nur dann, wenn die Planeten einzig der Anziehungskraft der Sonne unterworfen wären, sie um diese ihre elliptischen Bahnen strenge nach den Keplerschen Gesetzen beschreiben würden. Es werde der dadurch gekennzeichnete Lauf ihr regelmäßiger genannt. Aber sie wirken auch aufeinander, sie wirken auch auf die Sonne ein, und aus diesen wechselseitigen Anziehungen, stetig veränderlich in Größe und Richtung, entstehen in ihren Bewegungen die als Störungen bezeichneten Unregelmäßigkeiten. Sind nun, so ist die Frage nach der Dauer des Sonnensystems zu stellen oder die mit ihr identische nach seiner Stabilität, die durch diese gegenseitigen Anziehungen hervorgerufenen Störungen nur geringe oder im Gegenteil so bedeutend, daß sie die Anordnung der Planeten wesentlich ändern und damit die physikalischen Existenzbedingungen des organischen Lebens auf jedem von ihnen ganz umwandeln? Der erste, der die Frage zu beantworten versuchte, war Laplace. Wiewohl die von ihm durchgeführte Lösung nur eine genäherte ist, entbehrt sie doch

nicht des wissenschaftlichen Interesses und mag hier kurz erwähnt werden.

Laplace gab der Frage die folgende Fassung: Welches sind die Bedingungen für eine Anordnung (Konfiguration) der Planeten und ihrer Monde im Sonnensystem von der Eigenschaft, daß, wenn schon einmal durch ihre gegenseitige Anziehung in ihrem regelmäßigen Laufe Störungen entstehen, diese doch stets klein bleiben, wenn sie anfänglich klein waren? Man merkt an dem letzten Bedingungssatze schon das Hinzielen auf eine Näherungslösung. Denn, wer kann sagen, daß die Störungen schon ursprünglich klein waren, daß daher die Anordnung, die gegenwärtig im Sonnensystem zu Recht besteht und der Kleinheit der Störungen günstig ist, auch stets und von allem Anfang an zu Recht bestand. Ist dies aber der Fall und sind die Bedingungen für diese günstige Anordnung erfüllt, dann führt das System nur kleine Schwingungen um eine mittlere Lage aus, so, als ob die einzelnen Planeten untereinander im Zustande der kleinsten Wechselwirkung, aber in dem der größten Abhängigkeit von der Sonne stünden; von dem Verlaufe der Störungen selbst in diesem günstigen Fall erlangt man ein zutreffendes Bild durch folgende Überlegung: Man denke sich vorerst einen imaginären Planeten. Er bewege sich streng nach den Keplerschen Gesetzen in einer Ellipse um die Sonne. Aber die Bestimmungsgrößen dieser Ellipse wie ihre Lage gegen eine beliebig angenommene Hauptebene im Raume und die Richtung ihrer Hauptachse sind Veränderungen unterworfen, die sich in nach Zehntausenden von Jahren stattfindenden Perioden vollziehen (säkulare Störungen), während gleichzeitig der wahre Planet um diesen erdichteten Schwingungen von kleiner Schwingungsweite und in kürzeren Perioden ausführt (periodische Störungen).

Die Bedingungen selbst sind: Kleinheit der Exzentrizitäten der Bahnellipsen, ebenso Kleinheit der Neigungswinkel der Bahnebenen gegen eine durch die Massen der Planeten bestimmte und unveränderliche Hauptebene, Gleichstimmigkeit aller Bewegungen im System, und endlich die Inkommensurabilität ihrer Umlaufszeiten oder ihrer mittleren Geschwindigkeiten. Sind diese Bedingungen erfüllt, dann können keine Bahnkreuzungen vorkommen, und damit Annäherungen der Planeten aneinander,

die ein bedeutendes Anwachsen der Störungen verursachen würden. Die Bahnen, die alle nahezu kreisförmig sind, umhüllen einander vielmehr. Dann wiederholen sich auch nicht die gleichen gegenseitigen Stellungen zweier Planeten in regelmäßiger Reihenfolge und damit die gleichen Störungswirkungen, die an sich wohl recht klein sein, aber, indem man sie über eine lange Zeit summiert, zu größeren Beträgen anwachsen könnten. Im besonderen hängt damit die Unveränderlichkeit der großen Achsen der Bahnellipsen zusammen und, wie daraus nach dem dritten Keplerschen Gesetze folgt, die Unveränderlichkeit der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne und, speziell für die Erde, die Konstanz der Dauer eines Jahres, die nur geringen periodischen Schwankungen, keineswegs aber einer säkularen Störung unterworfen erscheint, eine der bemerkenswertesten Tatsachen im gegenwärtigen Zustande des Sonnensystems.

In Wirklichkeit sind diese Bedingungen alle im System erfüllt, und es hat den Anschein, als ob die Natur selbst diese Anordnung zwischen den Gliedern getroffen hätte, um sich ihrer fast ewigen Fortdauer zu versichern. Indes muß hervorgehoben werden, daß diese Lösung doch nur eine genäherte ist. Eine strenge, ohne die Beschränkung auf die ursprüngliche Kleinheit der Störungen, steht noch aus. Sie zu geben, ist die heutige Forschung noch nicht in der Lage, obwohl sie seit langem und neuestens besonders intensiv sich mit ihr befaßte. Sie sagt nur, daß die mathematischen Reihen, mit denen die Astronomen notgedrungen die Bewegung der Planeten und ihre Orte am Himmel feststellen, da es unmöglich ist, geschlossene analytische Formeln für sie aufzufinden, weder zu den konvergenten gehören, d. h. jenen, die trotz ihrer unendlich vielen Glieder eine endliche Summe haben, noch zu den divergenten, deren Summe sich keinem endlichen Grenzwert nähert, vielmehr als halbkonvergent zu bezeichnen sind, d. i. als solche, deren Anfangsglieder stetig abnehmen, so, als ob die Reihe konvergieren würde, die folgenden aber plötzlich und rasch wieder ansteigen. Daraus folgt, daß man bei der Untersuchung über den gestörten Lauf eines Planeten nur die ersten Glieder der die aufeinanderfolgenden Annäherungen darstellenden Reihen verwenden darf, wozu die Berechtigung dem Umstande entnommen wird, daß man ihre Gültigkeit nur auf

kleinere Zeiträume ausdehnt. Man sagt daher, für kleinere Zeiträume gelten die entwickelten Sätze und die aus ihnen abgeleiteten Schlüsse über die Stabilität des Sonnensystems noch, nicht mehr aber für unbeschränkte Zeiträume, da für diese auch die folgenden schon divergenten Glieder der Reihe mit zu berücksichtigen wären. Damit ändert sich die Hauptfrage und lautet jetzt so: Wie groß sind die kleinen Zeiten im ersten und die größeren im zweiten Falle? Man weiß nun, daß die Näherungsformeln jedenfalls völlig genügen für Zeiten, aus denen Nachrichten über Beobachtungen von Planetenstellungen vorliegen. Es seien solche Zeiten historische genannt. Die in den Formeln enthaltene Zusicherung der Stabilität ist auch noch für eine Million von Jahren richtig, insofern währenddes nur unbedeutende Änderungen der Bahnen vor sich gehen. Sie ist ferner wahrscheinlich für 1000 Millionen oder gar Billionen von Jahren, und erst in noch größeren Zeiträumen, es mögen solche geologische Zeitperioden heißen, dürften sich die Störungen so häufen, daß sie zu einer Vernichtung der jetzt bestehenden Ordnung und damit zu einem für unsere menschlich-egoistischen Begriffe wenig erfreulichen Ende führen müssen. Die Tatsache endlich, daß wir zwischen kleineren und größeren Zeiträumen, zwischen historischen und geologischen Perioden unterscheiden müssen, findet ihre Erklärung darin, daß der Maßstab, nach dem wir die Zeit messen, für die Entwicklungen in der Natur ein viel zu kleiner ist. Wir entnehmen ihn der Dauer eines Umlaufes der Erde um die Sonne und nennen diese Einheit ein Jahr. Wir entnehmen ihn der Dauer des menschlichen Lebens oder der Periode einer bestimmten Entwicklung der menschlichen Gesellschaft und nennen diese Einheit eine Ära. Aber die Zeit, innerhalb der sich die Entwicklungen in der Natur vollziehen, zählt nach Millionen, wenn nicht Billionen solcher Einheiten, ebenso wie auch der Maßstab, nach dem wir die räumlichen Distanzen der Sterne voneinander abschätzen, ein viel zu kleiner ist und wir daher diese in gleicher Art durch Billionen — wenn nicht Trillionen der den Dimensionen der Erde entnommenen Maßeinheit, eines Kilometers, zu charakterisieren genötigt sind. So wie eine Eintagsfliege handeln wir da, die die längere Dauer ihrer Metamorphose nach den wenigen Minuten ihres Lebens als Fliege be-

mißt: Fast in gleichem Verhältnisse steht auch die Lebensdauer unseres Geschlechtes auf der Erde, selbst wenn wir sie bis in die Zeit der Pfahlbauten und Mammute verfolgen, zu den Urzeiten unseres Planeten, da lebende Wesen auf ihm hausten, deren Reste uns aus den alten Gräbern fremdartig und unheimlich anschauen.

Die Rotationsstabilität der Erde. Aber auch wenn die geometrischen Verhältnisse im Sonnensystem stets unverändert blieben, wenn die Erde in genau derselben Weite und genau derselben Ebene ihren unaufhörlichen Lauf um die Sonne vollzöge, würde uns dies nichts nützen. Die Geologie erzählt, daß auf der Erde selbst so bedeutende Umwandlungen, teils plötzlich (Katastrophen), teils von langer Hand sich vorbereitend und allmählich sich ausbildend, eintraten, die ganze Tiergeschlechter, die eben auf ihr erwachsen waren und sie erfüllten, zum Verschwinden brachten. Sie erzählt uns, daß die Verteilung von Land und Wasser, die gegenwärtig auf ihr besteht, in früheren Zeitperioden eine ganz andere war. In der Jurazeit war ganz Europa mit Ausnahme Skandinaviens von Wasser bedeckt, ebenso Kleinasien, Nordwest- und Zentralamerika, während im Gegenteile der jetzige Atlantische Ozean mit Afrika und Südamerika einen, ebenso Südasien, der Sundaarchipel und Australien einen zweiten Kontinent bildeten. Noch in der Mitte der Tertiärzeit überflutete das Meer Frankreich, Holland, Belgien, halb Süddeutschland. Dem entsprechen auch große klimatische Umwälzungen, die verschiedenen Eiszeiten, die Mitteleuropa mit Gletschereis bedeckten, während in Sibirien und Nordamerika Reste von Pflanzen und Tieren gefunden werden, die die Annahme nahelegen, daß in jenen Gegenden ein fast tropisches Klima herrschte.

Die ältere Geologie glaubte, daß diese verschiedenen Perioden durch furchtbare Katastrophen aus dem Erdinnern heraus, die ganze Kontinente ins Meer versenkten, Meeresgründe an das Tageslicht hoben und die gerade vorhandenen Lebewesen fast völlig vernichteten, voneinander getrennt seien, Erdbeben von einer Intensität, wie sie heute auf der Erde nicht mehr stattfinden. Dieser Erklärung widerspricht die neuere Geologie. Sie stellt sie im Gegenteil als langsam fortschreitende Umwälzungen und keineswegs als plötzliche Explosionen hin, denen sich natür-

lich die lebenden Menschen allmählich anpassen konnten, wie ja auch heute ein gewaltiger Unterschied besteht zwischen dem Leben der Eskimos auf den Gletscherfeldern Grönlands und dem der Neger in den tropischen Gebieten Afrikas. Man hat es ferner versucht, namentlich die rein klimatischen Wandlungen auf der Erdoberfläche durch eine plötzliche oder allmähliche Änderung der Lage der Rotationsachse im Erdkörper zu erklären und als die wahrscheinlichste Ursache für sie größere Änderungen in der Massenverteilung in ihrem Innern bezeichnet. Verschiebungen von etwa 30°—40° in der geographischen Breite eines Ortes könnten solche Wirkungen hervorrufen. In gleicher Weise könnten auch Änderungen in der Schiefe der Ekliptik, als dem Neigungswinkel zwischen der Rotations- und der Bahnebene der Erde, von dem ihre Teilung nach klimatischen Zonen und der in jeder von ihnen herrschende Wechsel der Jahreszeiten abhängt, zu demselben Zwecke herangezogen werden. — Indes steht beiden Versuchen das Ergebnis der theoretischen Untersuchungen entgegen. Danach sind beide Größen fast unveränderlich und die Stabilität der Rotationsachse der Erde sowohl im Raume als innerhalb der Erde eine gesicherte. Bessel bewies, daß, um eine Ablenkung dieser Achse um 1″ zu erzielen, die Verlagerung eines Würfels von der Dichte der Erde (5.5) und 27.8 km Seitenlänge, d. i. etwa der zweihundertmillionste Teil der ganzen Masse der Erde, von —45° auf +45° geographischer Breite notwendig wäre. G. H. Darwin wiederum berechnete, daß eine völlige Umkehrung der gegenwärtigen Verteilung von Land und Wasser auf ihr die Lage ihrer Rotationsachse nur um etwa 3° ändern würde. Laplace bewies, daß die Schwankungen der Schiefe der Ekliptik sich nur zwischen den Grenzwerten von 20°—26° halten und sich in einer nach 100000 von Jahren zählenden Periode vollziehen. Alle Hypothesen, die von solch großen Ausschlägen, sowohl in der geographischen Breite wie in dem Neigungswinkel der Ekliptik gegen den Äquator sprechen, wie sie die Tatsache der Eiszeiten notwendig erscheinen läßt, sind daher vom astronomischen Standpunkte aus zu verwerfen.

Auch die neuestens (1884) entdeckten wirklichen Polschwankungen, deren ununterbrochene Beobachtung seitdem durch ein internationales Übereinkommen geregelt und mit größter Sorg-

falt von mehreren Sternwarten durchgeführt wird, ändert an diesem Ergebnis nichts. Ihre Amplitude beträgt nach den bisherigen Ermittlungen nur 0″2—0″3, denen als größte lineare Verlagerung des Rotationspoles der Erde von seinem mittleren Ort etwa 10 m entsprechen, eine für die Verhältnisse des Lebens auf ihrer Oberfläche ganz bedeutungslose Größe, während ihre Periode eine doppelte ist, einmal die, wahrscheinlich thermischen Einflüssen zuzuschreibende eines Jahres, dann die aus der Theorie der Rotation eines Ellipsoids folgende Eulersche von 304 Tagen, doch durch die elastische Nachgiebigkeit der Erde auf 420 verlängert. Ob nicht auch hierbei säkulare, d. h. nach Tausenden von Jahren erst merklich werdende Variationen stattfinden, ist bei der Kürze der Zeit, über welche sich die vorliegenden Beobachtungen erstrecken, und bei dem Umstande, daß eine vollständig einwandfreie Theorie der Erscheinung noch aussteht, ganz ungewiß.

Die Rotationsgeschwindigkeit der Erde. Analog verhält es sich mit der Rotationsgeschwindigkeit der Erde und der Dauer ihrer Rotation, die als Tageslänge das astronomische Normalmaß der Zeit ist. Schon Laplace legte in seiner Mécanique céleste ein großes Gewicht auf die Frage nach ihrer Unveränderlichkeit und untersuchte besonders den Einfluß, welchen Vulkane, Erdbeben, Winde und Meeresströmungen auf sie ausüben könnten. Er findet ihn unmerklich. Neuestens jedoch versuchte man es, die S. 61 erwähnte Anomalie in der Bewegung des Mondes die bis heute einer restlosen Erklärung durch das Newtonsche Gesetz trotzte, auf eine Verzögerung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde und damit auf eine Vergrößerung der Tageslänge zurückzuführen.

Halley hatte 1693 aus der Vergleichung seiner eigenen zahlreichen Mondbeobachtungen mit den von Albategnius überlieferten Finsternisdaten gefunden, daß man letztere nur dann darstellen könne, wenn man annehme, daß sich der Mond rascher bewege, als es die rein nach dem Newtonschen Gesetze durchgeführte Theorie erfordere. Er kam zu diesem Ergebnis durch Berechnung der Umlaufszeit des Mondes um die Erde, die sich aus den neueren Beobachtungen kleiner erwies als die nach den vielen Aufzeichnungen über Sonnen- und Mondfinsternisse aus weiter zurückliegenden Zeiten abgeleitete. Da dieser Verkürzung des Umlaufes nach dem dritten Keplerschen Gesetze eine ebensolche Verkleinerung seines

mittleren Abstandes von der Erde entsprach, schien es, als ob der Mond sich stetig rascher und in immer enger und enger werdenden Spiralen um diese bewege und so wohl einmal, wenn auch vielleicht erst nach Millionen von Jahren, in sie stürzen werde. Namentlich Laplace überraschte diese neue Tatsache sehr. Glaubte er doch in seiner Störungstheorie mit aller Strenge bewiesen zu haben, daß durch die gegenseitigen Anziehungen der Planeten nur periodische und keineswegs säkulare Änderungen ihrer mittleren Abstände von der Sonne und damit auch keine Beschleunigungen oder Verzögerungen ihrer mittleren Geschwindigkeiten entstehen können. Erst 1787 nach mehrfachen vergeblichen Versuchen glückte ihm die Lösung des Rätsels. Er wies nach, daß diese Unregelmäßigkeit in der Bewegung des Mondes einer indirekten Störungswirkung entspringe, nämlich der säkularen Änderung der Exzentrizität der Erdbahn. Diese nimmt gegenwärtig ab, darum kommen Erde und Mond der Sonne zeitweise näher, und dieser wird beschleunigt. Solange die Abnahme der Exzentrizität der Erdbahn als Folge der Störungen der anderen Planeten andauert, werde auch die Geschwindigkeit des Mondes zunehmen. Aber nach mehreren Zehntausenden von Jahren werde wieder das Entgegengesetzte eintreten, die Exzentrizität der Erdbahn zunehmen, Mond und Erde sich um ein Weniges mehr von der Sonne entfernen und daher die Bewegung des Mondes sich verzögern. Die mittlere Entfernung beider bleibe aber schließlich doch unverändert.

Indes gab eine auf dieser Erklärung fußende strenge Rechnung für die Beschleunigung des Mondes einen Wert von etwa 6—7″ für ein Jahrhundert, während die Beobachtungen einen solchen von 8—9″ forderten. Es bleibt daher noch immer ein unerklärter Rest von etwa 2—3″ übrig. So klein auch diese Differenz zwischen Theorie und Beobachtung ist, so suchte man doch ihre Ursache zu ergründen, und als einfachste Annahme bot sich hier der Einfluß der Flutreibung. Darunter wird die verzögernde Wirkung verstanden, die die durch die Anziehung von Mond und Sonne auf die beweglichen Wassermassen auf der Oberfläche der Erde erzeugten Ebbe- und Flutbewegungen auf deren Rotation ausüben. Folgende Überlegung führt auf einfachstem Wege zu einer klaren Vorstellung über sie.

Mond und Sonne erregen durch ihre Anziehung auf das Wasser auf der Erde zwei riesige Wellen, die in derselben Richtung um die Erde laufen, wie es scheinbar die beiden Gestirne tun. Die beiden Wellen des Mondes sind wegen seiner größeren Nähe zur Erde etwa $2^1/_4$ mal so groß als die von der Sonne hervorgerufenen. Die eine Welle erreicht ihren Höhepunkt in dem Teile der Erde, der dem Monde zugekehrt ist, die zweite gerade auf dem entgegengesetzten (Zenit- und Nadirflut), während die dazwischenliegenden Teile Ebbe haben. Dadurch nimmt die Erde, die sonst als rein kugelförmig angesehen werden könnte, die Form eines zugespitzten Ellipsoids an, dessen Verlängerungen, die Flutberge, in der Richtung des von ihrem Mittelpunkte zum Monde gezogenen Durchmessers liegen und mit ihm sich langsam weiter bewegen, während die kugelige Erde unter ihnen mit bedeutend größerer Geschwindigkeit rotiert. Man erkennt so, wie sie wie die beiden Backen einer Eisenbahnbremse wirken, die sich an das rotierende Rad anlegen und dessen Umdrehung verlangsamen.

Der Betrag der Verzögerung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde, der notwendig wäre, um den Fehler zwischen der beobachteten Beschleunigung des Mondes und ihrem theoretischen Wert von etwa 2—3″ für ein Jahrhundert zu erklären, wäre 8—10″ für den gleichen Zeitraum. Und das ist so zu verstehen. Eine Uhr, die zu Anfang eines Jahrhunderts richtig ginge, müßte zu Ende desselben um 8—10″ voreilen — und da wir dies nicht merken, sondern die Zeit gleichmäßig fortzählen, übertragen wir den so entstehenden Fehler auf die Bewegung des Mondes, die damit beschleunigt erscheint. Es ist jedoch bisher nicht gelungen, diese Verlängerung der Tagesdauer auch in anderen astronomischen Erscheinungen festzustellen und, solange dies nicht der Fall ist, bleibt die Richtigkeit dieser Hypothese in Frage.

Sollte sie aber trotzdem als zutreffend sich erweisen, so hätte dies zur Folge, daß, selbstverständlich wieder erst nach mehreren Jahrtausenden oder gar Millionen von Jahren, die Dauer eines Tages in ihrer allmählichen Zunahme der Umlaufszeit des Mondes um die Erde und endlich im weiteren Verlaufe einem Jahre als der Umlaufszeit der Erde um die Sonne gleichkäme. Die Erde würde ihr stets dieselbe Seite zukehren, diese hätte Tag

und würde ununterbrochen von der Sonne beleuchtet und erwärmt werden, die entgegengesetzte fortwährend Nacht. Eine solche Stellung finden wir an unserem Monde in bezug auf die Erde, eine solche vermuten wir auch bei den Monden der anderen Planeten und endlich auch noch nach neueren, wenn auch noch nicht ganz einwandfreien Beobachtungen bei den Planeten Merkur und Venus bezüglich ihrer Bewegung um die Sonne. Unzweifelhaft steht sie fest bei unserem Mond, und die Erklärung hierfür liegt in der Tatsache, daß die vereinigte Wirkung von Erde und Sonne auf seiner Oberfläche, als er noch im feurigflüssigen Zustande war, ungleich mächtigere Flutberge erzeugte, als er selbst sie auf der Erde hervorzurufen imstande ist, und sich daher auch die Verzögerung seiner vielleicht ursprünglich rascheren Rotation bis zum Ausgleich mit seiner Umlaufszeit um die Erde schneller vollzog. So wäre also der Mond, dessen ganze Oberflächenstruktur nach seinem Anblick im Fernrohr keinen günstigen Boden für organische Lebewesen mindestens nicht nach unseren Begriffen abgibt, das Spiegelbild für die der Erde nach mehreren Jahrtausenden drohende Zukunft.

Reibungswiderstände. Viele Beobachtungstatsachen weisen mit Entschiedenheit darauf hin, daß der Raum, in dem die Planeten und ihre Monde ihre Bahnen beschreiben, nicht leer ist, vielmehr eine nicht unbeträchtliche Menge kleiner Massen enthält, die man, wie schon S. 59 erwähnt, als kosmischen Staub bezeichnet. Die zahlreichen Kometen, die in allen möglichen Richtungen und Ebenen ihren Lauf um die Sonne zurücklegen, die Meteore, die wie kleine Sternchen sich scheinbar vom Himmelsgewölbe loslösen, rasch dahinschießen und ebenso rasch wieder verschwinden, sind als größere oder kleinere Anhäufungen dieses kosmischen Staubes anzusehen, die im Weltenraume herumschwärmen und dabei in der intensiven Beleuchtung durch die Sonne sichtbar werden, oder in den Bereich unserer Atmosphäre geraten und durch den Widerstand, den sie hierbei erleiden, in ihrer Bewegung verzögert und gleichzeitig durch die damit verbundene Reibung bis zum Selbstleuchten erhitzt werden. Viele von ihnen stürzen zur Erde (Meteorsteine), andere werden durch die Hitze zu Staub zersprengt und fallen unsichtbar auf sie, und noch weitere wiederum finden den Ausweg aus der Atmosphäre;

sie durchkreuzen sie nur (Sternschnuppen) und setzen ihren Weg durch den Raum mit veränderter Geschwindigkeit fort.

Die Planeten und ihre Monde bewegen sich nun mitten durch diese Staubmassen hindurch, und es ist wohl die Frage berechtigt, ob nicht durch sie ähnliche Widerstände und Reibungen entstehen, wie sie auf der Erde sich vorfinden und hier wie bekannt jede Bewegung rasch verzehren. Es ist klar, daß, wenn eine solche Einwirkung vorhanden ist, sie nur äußerst gering sein dürfte. Dies folgt aus der Tatsache, daß das Newtonsche Gesetz fast mit mathematischer Genauigkeit die Bewegung der Himmelskörper beherrscht, bis auf die kleinen Fehlbeträge, die, wie S. 61 erwähnt, nach einigen wenigen Bogensekunden für ein Jahrhundert zählen. Trotzdem soll diese Frage hier aufgeworfen werden, denn wenn auch die Einflüsse dieser Widerstände gegenwärtig noch so klein, ja unmerklich sind, so können sie doch, da sie stets in einem und demselben Sinne tätig sind, nach Ablauf größerer Zeiträume zu merklichen Beträgen anwachsen und so den Planeten und damit auch der Erde verhängnisvoll werden.

In der Tat hat man auch schon in einer Bewegungsanomalie, die der nach dem Berliner Astronomen Encke benannte periodische Komet von 3·3 Jahren Umlaufszeit um die Sonne zeigt, und die darin besteht, daß dieser Umlauf sich immer mehr und mehr verkürzt, um etwa 2—3 Stunden, die Einwirkung eines solchen Widerstandes festzustellen geglaubt. Hierbei hat man zunächst dem Äther als dem Träger der Licht- und Elektrizitätswellen die Rolle des widerstehenden Mediums zuerkannt. Aber dies mit Unrecht. Müßte man doch, wenn die Erklärung zutreffen sollte, ihm physikalische Eigenschaften, namentlich eine merkliche Zunahme seiner Dichte mit seiner Annäherung an die Sonne zuschreiben, die er nicht haben kann, ohne wieder mit anderen Erscheinungen in Widerspruch zu geraten. Viel wahrscheinlicher ist die Annahme, daß die Anomalie durch das Zusammentreffen mit den kosmischen Staubwolken verursacht wird, die in der Nähe der Sonne jedenfalls in größerer Menge angehäuft sind und vielleicht in dem vom Kometen da durchlaufenen Bahnstück eine besonders dichte Stelle haben dürften. Dafür spricht auch die Tatsache, daß die Verkürzung der Umlaufszeit nicht stetig von Umlauf zu Umlauf, sondern meist sprungweise erfolgt.

Ähnlich dürfte es sich auch mit den Planeten in ihrem Laufe um die Sonne verhalten. Auch sie werden einen Widerstand erleiden, der, da er sich qualitativ nicht vom Luftwiderstand unterscheidet, dem alle Bewegungen auf der Erdoberfläche ausgesetzt sind, auch eine gleiche Wirkung ausüben dürfte, nämlich eine Hemmung der Bewegung, derart, daß sie in immer engere und enger werdenden Windungen und daher mit stets wachsender Geschwindigkeit spiralförmige Bahnen um die Sonne beschreiben und endlich in sie stürzen, so wie ein Pendel durch den Luftwiderstand allmählich immer kleinere und kleinere Schwingungsbogen beschreibt, bis es schließlich zur Ruhe kommt. Dazu kommt noch als zweiter fast ebenso wesentlicher Umstand die Vergrößerung der Masse hinzu, die die Planeten durch die zahlreichen Zusammenstöße mit den kleinen Körpern des kosmischen Staubes erfahren. Viele von ihnen fallen ja tatsächlich als Meteorsteine zur Erde und, was sie sowie die anderen Planeten seit Millionen von Jahren an der losen Staubmasse zusammengefegt und an sich gezogen haben, das halten sie auch fest. Jeder Vergrößerung der Masse entspricht aber eine verstärkte Anziehung zur Sonne, eine Vergrößerung der Geschwindigkeit und damit wieder eine Annäherung an sie bis zum endlichen Einsturz.

Die Zahl der kosmischen Staubteilchen ist keineswegs eine geringe. Dem einzelnen Beobachter erscheinen die Sternschnuppen recht spärlich, selbst wenn er nicht nur gelegentlich nach dem Himmel ausschaut, sondern regelmäßig Beobachtungen über sie anstellt. Ihre stündliche Häufigkeit dürfte 4—6 betragen. Sie wechselt aber sowohl mit der Jahres- wie mit der Tageszeit. Im Frühjahre fallen Sternschnuppen seltener, im Herbst häufiger; andererseits sind die Stunden nach Mitternacht etwa doppelt so reichhaltig als die frühen Abendstunden; eine Periodizität der Erscheinung, aus der Schiaparelli in geistreicher Weise einen Beweis für die Rotation der Erde wie für ihre Bewegung um die Sonne herleitete. Bedenkt man nunmehr, daß der Beobachter von seinem Standpunkte aus nur einen äußerst kleinen Bruchteil der Atmosphäre überblickt, so ist die angegebene Zahl 4—6 für die stündliche Häufigkeit mit einer sehr großen Vergrößerungszahl zu multiplizieren, um die Zahl der auf die ganze Erde aufallenden Meteore zu finden. Man kommt so auf die Zahl von

$7^1/_2$ Millionen für den Tag. Ihnen entspricht im Mittel ein Gewicht von 50 000—60 000 kg und bei einer gleichmäßigen Verteilung ihrer Masse über die ganze Erdoberfläche unter der Annahme, daß ihre Dichte der mittleren Dichte der Erde gleich ist, eine Schichthöhe von ungefähr $\frac{1}{10\,000\,000}$ mm für ein Jahrhundert.

Diese Zahl ist sehr klein und gibt einen klaren Beweis dafür, daß die Reibungswiderstände gegen die Bewegung der Planeten sowohl wie ihre Massenvergrößerungen äußerst gering sind. Seit historischen Zeiten, von denen Berichte über Sonnen- und Mondfinsternisse oder über Planetenkonstellationen am Himmel vorliegen, hat sich noch keine Spur ihrer Einwirkung verraten. Es läßt sich daher auch über die Zeit, in der sich dieser langsam fortschreitende Prozeß trotzdem abspielen sollte, nicht einmal irgendeine Vermutung äußern. Man kann hier ebenso von Millionen von Jahren wie von Trillionen sprechen. Eine kleine Hoffnung mag uns da trösten, die Hoffnung darauf, daß, ehe der drohende Endzustand erreicht ist, alle kosmischen Staubteilchen mit den Planeten vereinigt sind, so tatsächlich ein leerer Raum vorhanden sein werde, der nunmehr deren freie und ungehinderte Bewegung streng nach dem Newtonschen Gesetze, wenn auch vielleicht in einer wesentlich modifizierten Anordnung wahrscheinlich macht.

Neben dieser Gefahr des Einsturzes der Erde in die Sonne kommt noch in Betracht der Schaden, den die auffallenden Meteore auf ihrer Oberfläche ausüben können. Ihr Fall stellt gewissermaßen ein Bombardement vor, dem die Erde ununterbrochen ausgesetzt ist, wobei zu berücksichtigen wäre, daß die Geschosse eine weitaus größere Geschwindigkeit haben mit ihren 20—100 km in der Sekunde, als wir sie mit unseren Kriegswaffen hervorrufen können. Aber diese Furcht ist unbegründet. Denn gegen diese keineswegs angenehmen und unbedenklichen Kollisionen mit unseren Wohnsitzen schützt uns unsere Atmosphäre prompt und zuverlässig. Sie wirkt wie ein Schutzmantel, der die entgegenfliegenden Geschosse auffängt und ihre zerstörende Wirkung fast vollständig aufhebt.

Hierher ist auch zu zählen die Furcht vor einem Zusammenstoß der Erde mit einem Kometen. Ein solcher würde mehr diesem als

der Erde Schaden zufügen. Er würde, abgesehen davon, daß seine Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, den Kometen in kleine Teile zersplittern und uns damit das prachtvolle Schauspiel eines sehr reichen Sternschnuppenregens bieten. Hierher gehört ferner die neueste Furcht, daß der Komet besonders in seinem Schweife etwa giftige Gase enthalte, welche diese, wenn die Erde zwar nicht mit ihm selbst zusammenpralle, aber doch durch seinen Schweif hindurchgehe, immerhin bei der nicht gar zu kurzen Dauer dieses Durchganges den Menschen auf der Erde verhängnisvoll werden könnten. Beide Möglichkeiten, in das Kapitel der physikalischen Irrlehren gehörig, sind zu vergleichen mit der abergläubischen Furcht, die man einst vor jedem Kometen hatte, als den Wunderzeichen, mit denen Gott der sündigen Menschheit furchtbare Strafen androhe.

Die Sonnenwärme. Welche Bedeutung die Sonne für die Erde hat, darüber findet sich eine so charakteristische Schilderung in dem Vortrage von Helmholtz (1871) „Die Entstehung des Planetensystems", daß es wertvoll schien, sie hier wiederzugeben: Alles Leben und alle Bewegung auf unserer Erde wird mit wenigen Ausnahmen unterhalten durch eine einzige Triebkraft, die der Sonnenstrahlen, welche uns Licht und Wärme bringt. Sie wärmen die Luft der heißen Zone, diese wird leichter und steigt auf, kältere Luft fließt von den Polen nach. So entsteht die große Luftzirkulation der Passatwinde. Lokale Temperaturunterschiede über Land und Meer, Ebene und Gebirge greifen mannigfaltig abändernd ein in diese große Bewegung und bringen uns den launenhaften Wechsel des Windes. Warme Wasserdämpfe steigen mit der warmen Luft auf, verdichten sich als Wolken und fallen in kälteren Zonen und auf die schneeigen Häupter der Berge als Regen und Schnee. Das Wasser sammelt sich in Bächen, in Flüssen, tränkt die Ebene und macht Leben möglich, zerbröckelt die Steine, schleppt ihre Trümmer mit fort und arbeitet so an dem geologischen Umbau der Erdoberfläche. Nur unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen wächst die bunte Pflanzendecke der Erde auf und, während die Pflanzen wachsen, häufen sie in ihrem Körper organische Substanzen an, die wiederum dem ganzen Tierreiche als Nahrung und dem Menschen noch insbesondere als Brennmaterial dienen. Sogar die Steinkohlen und Braunkohlen,

die Kraftquellen unserer Dampfmaschinen, sind Reste urweltlicher Pflanzen, alte Erzeugnisse der Sonnenstrahlen.

Man hat heute aus spektralanalytischen Untersuchungen eine experimentell wohlbegründete Theorie der Sonne. Man kennt nach den neuestens entdeckten physikalischen Gesetzen der Wärmestrahlung aus der durch zahlreiche Beobachtungen mit einiger Sicherheit bestimmten Solarkonstante, darunter die Menge der Kalorien verstanden, die jedes Quadratzentimeter der Erdoberfläche bei senkrechtem Einfall ihrer Strahlen in jeder Minute empfängt, ihre effektive Temperatur. Doch nunmehr taucht die neue wesentliche und für die Zukunft des Planetensystems wichtige Frage auf. Woher kommt ihr diese Kraft, die sie befähigt, ein intensiveres Licht auszustrahlen, als mit irgendwelchen irdischen Mitteln erzeugt werden kann, und so viel Wärme zu liefern, daß selbst der kleine, fast unendlich kleine Bruchteil, der davon in unsere Atmosphäre eindringt, so bedeutungsvolle Arbeit zu leisten vermag? Strahlt sie einzig als glühender Körper die Menge von Wärmeenergie aus, die vielleicht seit ihrem Entstehen in ihr angehäuft ist, oder findet vielmehr ununterbrochen eine neue Erregung von Wärme in ihr statt, und, wenn dies der Fall ist, welches sind die Quellen, denen diese stete Erneuerung entstammt? Und wird diese fortdauernd vor sich gehen oder endlich doch einmal ein Ende haben und die Sonne dann erkalten und erlöschen?

Die erste Annahme, die aussagt, daß die Strahlung der Sonne einzig durch Verbrennungsprozesse in ihr erzeugt wird, kann nicht aufrechterhalten werden. Sie widerspricht dem physikalischen Grundgesetz von der Erhaltung der Energie. Danach kann kein Prozeß in der Natur für die Ewigkeit andauern. Denn sonst würde er eine unendliche Menge von Kraftvorrat voraussetzen, während nach diesem allgemeingültigen Prinzip im großen Ganzen der Natur nur ein begrenzter Vorrat von unveränderlichem Betrage vorhanden ist, der verwertet, d. h. in andere Energiearten umgewandelt, aber nicht vergrößert werden kann. Die Masse der Sonne ist bekannt, ebenso kennt man die Menge der Wärme, welche durch die chemische Verbindung bestimmter Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff entstehen, jenen zwei Elementen, die die Chemie als die vorteilhaftesten zur Erzeugung von Wärme bei der Verbrennung bezeichnet, und so kann man nun leicht die

Menge von Wärme errechnen, welche die vollständige Verbrennung der aus diesen zwei Elementen in einem richtigen Verhältnis zusammengesetzt gedachten Sonne liefern würde. Die Rechnung sagt, daß sie nur ausreichen würde, die Sonnenstrahlung auf etwa 4—5000 Jahre zu erhalten. Wohl eine geraume Zeit, aber schon die Geschichte lehrt, daß die Sonne seit bedeutend längerer Zeit die Erde beleuchtet und erwärmt, und die Geologie läßt keinen Zweifel darüber aufkommen, daß diese Zeit auf mehrere Millionen, wenn nicht Trillionen von Jahren auszudehnen ist. Zu dieser Zahl von 4—5000 Jahren kommt man, wenn man annimmt, daß die Solarkonstante, bezogen auf ein Quadratzentimeter der Erdoberfläche und die Minute als Zeiteinheit, 2·2 Grammkalorien beträgt. Ihr entspricht als jährliche Wärmeabgabe der Sonne von ihrer ganzen Oberfläche die Zahl von 3·25 mit 33 angehängten Nullen ($3{\cdot}25 \cdot 10^{33}$) — und da ihre Masse $1{\cdot}94 \cdot 10^{33}$ Gramm zählt, so ergibt die Division der beiden Zahlen den jährlichen Verlust an Grammkalorien für jedes Gramm der Sonnenmasse. Dieser ist 1·67. Er würde direkt ihre jährliche Temperaturabnahme in Celsiusgraden bedeuten, wenn vorausgesetzt wird, daß sie aus Wasser besteht, dessen spezifische Wärme gleich 1 ist, so daß, da ihre effektive Temperatur auf 6500° C geschätzt wird, sie in $6500 : 1{\cdot}67 = 3900$ Jahren ihre ganze Wärmeenergie verlieren würde. Zu einer etwas größeren Zahl führt die Annahme, daß die Sonne ganz aus Steinkohle bestehe, die durch einen im richtigen Zeitmaß eingeleiteten Verbrennungsprozeß hierbei ihre ganze Wärme in den Raum ausstrahle. Da ein Gramm Kohle beim Verbrennen 8000 Grammkalorien liefert, so gelangt man zu $8000 : 1{\cdot}67 = 4800$ Jahren als der Periode der Wärmetätigkeit der Sonne. Zu einer noch bedeutend größeren, aber immer noch viel zu kleinen Zahl führt die günstigste Voraussetzung über ihre Konstitution, die, daß sie aus Wasserstoffgas besteht, denn ein Gramm davon liefert beim Verbrennen 34000 Kalorien.

Es ist versucht worden, diese einfachste Theorie der Sonnenwärme zu retten auf Grundlage der neueren Ergebnisse der Chemie, besonders der eigentümlichen Eigenschaften der radioaktiven Substanzen. Diese, und unter ihnen namentlich das Radium, erzeugen eine nach Milliarden von Kalorien zählende Menge von

Wärme, ohne jede Zufuhr von Energie von außen, wie man annimmt, einzig durch den Zerfall ihrer Atome. Ein Gehalt von 3·6 Gramm an Radium in jedem Kubikmeter der Sonne würde schon genügen, um die ganze von der Sonne ausgestrahlte Wärme zu liefern. Und da eines der Zerfallprodukte des Radiums das Helium ist, dessen Spektrum in der Sonnenstrahlung eine so große Rolle spielt, so kann wohl angenommen werden, daß dieses auf der Erde so selten vorkommende Element viel reichhaltiger auf der Sonne vertreten ist. Ein solcher Reichtum wäre eine Energiequelle von so ungeheurer Größe, daß er imstande wäre, die Sonnenstrahlung viele Millionen von Jahren zu unterhalten. — Aber unsere Kenntnis von dem Verhalten des Radiums und der ihm ähnlichen Substanzen, besonders bei so hohen Temperaturen und dem einige Milliarden von Atmosphären betragenden Druck im Innern der Sonne, ist zur Zeit eine noch so geringe, daß es ausgeschlossen erscheint, dieser Hilfshypothese eine größere Bedeutung zuzuschreiben.

Zwei weitere Hypothesen sind noch aufgestellt worden, um die fortdauernde Erneuerung der Sonnenwärme zu erklären. Die erste, von dem berühmten Begründer der mechanischen Wärmetheorie, Robert Mayer, herrührend, spricht von großen Mengen von in die Sonne einstürzenden Meteoren, deren Bewegungsenergie sich dabei in Wärme umwandelt und dadurch die gewaltige, von der Sonne ausgehende Strahlung deckt. Man kann ja mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß auf sie bedeutend mehr Meteore auffallen, als auf die Erde, und daß deren Einsturz in sie auch mit bedeutend größeren Geschwindigkeiten erfolgt. Das spricht zugunsten der Hypothese, gegen sie aber die gar zu große Menge, die notwendig wäre, um die ganze von der Sonne ausgehende Strahlung zu ersetzen. Die jährliche Masse müßte ungefähr $6 \cdot 10^{25}$ Gramm betragen und, da die der Sonne $1{\cdot}94 \cdot 10^{33}$ Gramm zählt, so würde dies bedeuten, daß ihre Masse sich jährlich um den $6 \cdot 10^{25} : 1{\cdot}94 \cdot 10^{33} = 1 : 32000000^{\text{ten}}$ Betrag vergrößert oder sich in dem Zeitraume von $1{\cdot}94.10^{32} : 6 \cdot 10^{25} = 32000000$ Jahren verdoppelt. Eine für die Vergrößerung des scheinbaren Sonnendurchmessers wohl für unsere heutigen Hilfsmittel nur unmerkliche Zahl, die aber doch für einen Zeitraum von 4000 Jahren eine Verkürzung des Jahresumlaufes der Erde um die Sonne um etwa

6 Monate nach sich zöge, gegen die alle uns von den Alten überlieferten Beobachtungen über die Bewegungen des Mondes und der Planeten sprechen. Die Sonne mag also wohl vor langer Zeit einen großen Betrag von Wärme in dieser Art erhalten haben und mag ihn auch jetzt noch erhalten; aber es scheint unmöglich, anzunehmen, daß ihr Wärmeverlust einzig auf diesem Wege ausgeglichen werde.

Die zweite Hypothese ist von Helmholtz aufgestellt worden. Sie geht von den folgenden Annahmen aus: Der Sonnenball kühlt sich ab, infolgedessen zieht er sich zusammen und wird dichter. Durch diese Zusammenziehung entsteht aber Wärme. In theoretischer Hinsicht ist diese Anschauung zu vergleichen mit der eben besprochenen Hypothese, nach der die Sonnenwärme durch das Einstürzen von Meteoren in sie erzeugt wird, indem man die Kontraktion und die darauffolgende Massenverdichtung auffassen kann als ein langsames Auffallen der Massen an der Oberfläche der Sonne von dieser gegen ihr Zentrum. Doch hat sie jener gegenüber den Vorteil, einer einfacheren und von willkürlichen und nicht kontrollierbaren Annahmen freieren mathematischen Behandlung zugänglich zu sein. Man kann den Betrag der Wärme berechnen, den die Sonne bei einer Zusammenziehung aus irgendeinem beliebigen Umfang bis auf ihre gegenwärtige Größe erzeugt hat, und dieser Betrag hat einen Grenzwert, selbst wenn angenommen wird, daß die Sonne anfangs unendlich groß gewesen ist. So, wie es bekannt ist, daß ein Meteor, das aus unendlicher Entfernung, wo es die Geschwindigkeit Null hatte, auf die Sonne stürzt, hierbei nur eine endliche Geschwindigkeit erlangt, und damit auch eine begrenzte Wärmemenge erzeugt. Es ermöglicht daher die Hypothese, die thermische Vergangenheit der Sonne genauer zu untersuchen. Man kann den Betrag der Wärme feststellen, der entstand, als sie ursprünglich als glühender Nebelball den ganzen Weltraum oder bloß den jetzt vom Sonnensystem eingenommenen erfüllte und sich auf ihre heutige Größe verdichtete; und man kann die Zeit, für welche dieser Vorrat reichte, um ihre gegenwärtige Ausstrahlung zu unterhalten, als ihre Lebensdauer bezeichnen, darunter die Zeit verstanden, während der sie die Erde zu erwärmen und zu beleuchten vermochte. Man kann ebenso aus der ganzen Menge ihrer ausgestrahlten Wärme von heute bis zu einem beliebigen anderen Zeitpunkte ihren Durchmesser für diesen Moment

berechnen. Speziell erhält man, wenn man mit der Solarkonstante 2·2 rechnet und die Sonne als eine Kugel von konstanter Dichte voraussetzt, als von ihr abgegebene Wärmemenge bei einer Kontraktion von einem unendlich großen Radius auf dessen gegenwärtigen Wert die Zahl von $5{\cdot}1745 \cdot 10^{40}$ Grammkalorien. Da nun ihre jährliche Strahlung $3{\cdot}2496 \cdot 10^{33}$ Grammkalorien zählt, so folgt für die Lebensdauer der Sonne, diesen Ausdruck in dem oben erklärten Sinne aufgefaßt, durch Division der beiden Zahlen die Zeit von 15.920 000 Jahren, und ebenso für die Zeit, in welcher sich ihr Durchmesser um den 10 000. Teil verkleinerte, 1592 Jahre, so daß für die Periode von 4000 Jahren, aus welcher historische Nachrichten über astronomische Beobachtungen vorliegen, nur eine Verkürzung von 1 : 4000 des Sonnendurchmessers stattfand, eine durchaus unmerkliche Größe. Insoweit erscheint daher die Helmholtzsche Theorie durchaus befriedigend, weniger jedoch, was die Zahl ihrer effektiven Einwirkung auf die Erde anlangt, die nur rund 16 Millionen Jahre betragen soll. Doch vergrößert sich die oben angegebene Zahl von $5{\cdot}1745 \cdot 10^{40}$ Grammkalorien, wenn man etwas allgemeinere Annahmen ansetzt, als die es sind, auf denen die Berechnung dieser Zahl beruht. So, wenn man die Dichte der Sonne als nach ihrem Innern stetig zunehmend ansieht, oder sie, was ihre Konstitution anlangt, als ein einatomiges Gas betrachtet; aber auch die daraus fließenden Zahlen sind von der gleichen Größenordnung als die angegebene. Sie sagen, daß der ganze Wärmevorrat der Sonne, der aus ihrer Zusammenziehung auf die gegenwärtige Größe entstanden ist, nur für etwa 20—30 Millionen von Jahren genügt, das Leben auf der Erde zu unterhalten, ein wohl etwas zu kleiner Zeitraum, um das namentlich von den Geologen aus den Theorien über die Vergangenheit der Erde gefolgerte Alter der Sonne zu ergeben.

Keine dieser Theorien kann als ganz einwandfrei bezeichnet werden. Zum Teil stützen sie sich, wie die der Radioaktivität der Sonne, auf Tatsachen, die noch zu wenig erforscht sind, um allgemeine Anerkennung zu erlangen. Zum Teil wieder sind die Kräfte, die sie zur Erklärung der Sonnenwärme heranziehen, unzureichend. Die Frage, aus welcher Quelle die Sonne ihre tägliche Wärmeabgabe schöpft, ist daher zur Zeit noch als eine offene anzusehen, und nur eines ist sicher, es folgt dies aus dem Gesetze

der Erhaltung der Energie, daß diese Quelle nicht unerschöpflich sein kann.

Die säkulare Abkühlung von Sonne und Erde. So entsteht denn die neue Frage, ob denn nicht tatsächlich eine säkulare, d. h. langsam fortschreitende Abnahme der Temperatur vorhanden ist. Eine solche ließe sich zunächst direkt durch eine regelmäßig und ununterbrochen fortgesetzte Beobachtung der Solarkonstante ermitteln. Ist diese als die täglich von der Sonne der Erde zufließende Strahlungswärme unveränderlich, dann ist es auch ihre Temperatur, nimmt sie dagegen ab, dann gilt das gleiche auch von jener. Aber die Beobachtungen der Solarkonstante umfassen heute erst einen Zeitraum von kaum 80 Jahren. Sie begannen im Jahre 1837 mit der ersten Messung, die der französische Physiker Pouillet durchführte. Das ist eine viel zu kleine Spanne Zeit. Auch sind sie heute noch zu wenig genau, als daß man aus ihnen irgendwelche Schlüsse allgemeiner Natur ziehen könnte. Denn selbst die Änderungen, die durch die Exzentrizität der Bahn der Erde um die Sonne, d. i. die jährlich wechselnde Entfernung beider voneinander hervorgerufen werden, und die etwa 2 % betragen sollten, lassen sich aus den Messungen nicht mit aller Klarheit nachweisen, viel weniger noch die jedenfalls geringeren, die aus einer eventuellen säkularen Abnahme der Sonnentemperatur entstehen.

Ein zweiter Weg zu ihrer Feststellung würde in der Beobachtung der mit ihr im Zusammenhang stehenden, langsam fortschreitenden Abkühlung der Erde liegen. Viele Erscheinungen führen mit Notwendigkeit zu der Anschauung, daß die Erde ursprünglich im feurig-flüssigen Zustande war. Messungen in Bohrlöchern, Bergwerken, bei Tunnelbauten zeigen, daß die Temperatur beim Eindringen in das Innere der Erde zunimmt und daß diese Zunahme im Mittel über die ganze Erde genommen etwa 1^0 auf je 30—40 m Tiefenunterschied beträgt. Würde die Temperaturzunahme gleichmäßig erfolgen, so müßte die Erde schon in einer Tiefe von 100 km eine Temperatur zeigen, bei der alle Gebirgssteine im geschmolzenen Zustande sich befänden. Vulkane, aus denen glühende Lavaströme seit Tausenden von Jahren fließen, die Existenz der heißen Quellen lassen sich wohl nicht anders erklären als durch die Annahme, daß im Innern der Erde

eine glutflüssige Schicht sich befindet, die, da sie nicht lokal sein kann, da sie sich sonst rasch verteilen würde, kaum etwas anderes ist, als ein Rest des feurigflüssigen Anfangszustandes der Erde, und in der, wie es die Erdbeben erkennen lassen, noch immer plötzliche eruptive Veränderungen stattfinden mögen. Damals, als sie noch im feurigflüssigen Zustande war, mag die Erde selbst, wie eine Sonne, Wärme in den Weltraum ausgestrahlt haben. Aber mit ihrer fortschreitenden Abkühlung bildeten sich auf ihrer Oberfläche Krusten, und damit trat eine plötzliche Änderung in ihrer Temperaturabnahme ein. Der Einfluß ihrer Eigenwärme verringerte sich wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Kruste. Sie reichte nicht mehr durch diese hindurch bis zur Oberfläche, und gegenwärtig, weiß man, erfolgt die Erwärmung der Erdoberfläche, d. h. der dünnen Schicht, die auf der in ihrem Innern befindlichen Glutmasse lagert, nur mehr durch die Kraft der Sonne und nicht vom Innern aus. Darauf deuten klar die Beobachtungen hin, daß in einer gewissen Tiefe der Kruste, die etwa 10—15 m beträgt, eine so konstante Temperatur herrscht, daß selbst der Wechsel der Jahreszeiten sich in ihr nicht mehr bemerkbar macht. Erst von diesem Zeitmoment an, der die volle Unabhängigkeit des Lebens auf der Erde, das ja nur auf ihrer Oberfläche sich abspielt, von ihrer Eigenwärme und ihre reine Abhängigkeit von der Sonnenstrahlung ausspricht, wäre die Frage nach der Abkühlung der Erde zu stellen, wobei natürlich über eine Bestimmung der Zeit, da sie noch als ein glühender Gasball die selbst glühende Sonne umschwärmte, bis sich die ersten Spuren eines organischen Lebens auf ihrer sich langsam entwickelnden Rinde zeigten, selbst die kühnste Vermutung schweigen muß.

Keine meteorologische Aufzeichnungen über den täglichen und jährlichen Temperaturgang auf der Erde können uns auf diese Hauptfrage keine entscheidende Antwort geben. Sie erstrecken sich über einen zu kleinen Zeitraum, als daß man aus ihnen einen Schluß auf eine Temperaturabnahme der ganzen Erde ziehen könnte, die, wenn sie erfolgt, jedenfalls äußerst langsam vor sich geht. Die ältesten derartigen Aufzeichnungen sind die von Wolfgang Haller in Zürich aus den Jahren 1545—1576, dann die von Tycho Brahe, die dieser während seiner astronomischen Beobachtungstätigkeit auf der Insel Hveen im Sunde in den Jahren

1582—1597 angestellt hat, und endlich die der Accademia del Cimento in Florenz aus 1654—1670. Etwas weiter reichen spezielle Berichte über strenge Winter, Dauer der Eisdecke der Flüsse, frühzeitigen Schneefall zurück. Doch auch diese geben zur Klärung der Frage kein geeignetes Material ab. Viel wertvoller sind in dieser Richtung aus alten Zeiten überkommene Angaben über die Verbreitung einiger Kulturpflanzen, die, wie beispielsweise der Ölbaum und die Weinrebe, gegen eine Änderung der mittleren Jahrestemperatur sehr empfindlich sind. Indem sie sagen, daß der Verbreitungsbezirk dieser Pflanzen damals, etwa zu den Zeiten Homers, derselbe war, wie er es heute ist, lassen sie auf eine Unveränderlichkeit der mittleren Temperatur der Erde schließen, die mindestens einen Zeitraum von fast 4000 Jahren umfaßt. Ebenso liegt eine interessante Studie vor über einen Vergleich der gegenwärtigen Regenverhältnisse Griechenlands mit jenen, die sich aus Zitaten der klassischen Literatur um die Zeit von 400 v. Chr. erschließen lassen. Auch dieser führt zu demselben Resultate, daß sich seit der klassischen Epoche bis heute in Athen weder die Temperatur noch die Regenverhältnisse merklich geändert haben dürften. Allerdings kommen auch entgegengesetzte Angaben vor, nämlich solche über bedeutende Klimaänderungen. So erzählen ältere Berichte über Island und Grönland, daß diese Länder früher (11—1200 n. Chr.) ein viel milderes Klima und eine geringere Eisanhäufung gehabt haben, als es gegenwärtig der Fall ist. Aber derartige Klimaschwankungen verlaufen teils periodisch, teils erstrecken sie sich nur über kleine Gebiete der Erde und berühren nicht die ganze Erdoberfläche, so daß im allgemeinen an der Tatsache, daß sich seit den Zeiten, aus denen irgendwelche Berichte vorliegen, bis in die Gegenwart die mittlere Temperatur der Erdoberfläche nicht merklich geändert habe, nicht gezweifelt werden kann.

Es muß also Gleichgewicht herrschen zwischen der Wärmemenge, die der Erde von der Sonne zufließt, und der, die sie einerseits selbst in den Weltraum ausstrahlt und andererseits in sich aufspeichert und zur Fortdauer des organischen Lebens auf ihr verwertet. Aus der Unveränderlichkeit der letzteren muß daher auf eine gleiche Konstanz der Temperatur der Sonne mindestens mit derselben Beschränkung auf historische Zeiten geschlossen wer-

den. Folgt doch aus theoretischen Überlegungen, daß einer Änderung der effektiven Sonnentemperatur um 100° C eine Änderung der mittleren Temperatur der Erdoberfläche um etwa 4° C in gleichem Sinne entspricht. Aber eine Abnahme von dieser Größe durch längere Zeit hindurch müßte sich in mächtiger Weise bemerkbar machen. Ein früherer Einbruch der Winterkälte, strengere Winter überhaupt, vielleicht eine neue Eisperiode wären ihre unmittelbare Folge. Nichts von dem allen wird beobachtet. Es ist daher derzeit der Mittelwert der effektiven Sonnentemperatur bis auf mindestens 100° C als konstant anzusehen.

Man weiß ferner, daß die Sonne vom astronomischen Standpunkte aus ein variabler Stern ist, d. h. ein Stern, dessen Helligkeit infolge der auf seiner Oberfläche bald zahlreich und in größerer Ausdehnung, bald in geringerer Menge auftauchenden dunklen Flecken periodischen Schwankungen unterliegt. Man weiß, daß die dadurch bedingte lebhaftere oder schwächere Tätigkeit auf der Sonne die magnetischen Kräfte der Erde beeinflußt, und es lag so die Vermutung nahe, ihr ebenso eine merkliche Einwirkung auf die Witterungserscheinungen auf der Erde zuzuschreiben. Aber die in dieser Richtung durchgeführten zahlreichen und vielseitigen Untersuchungen lassen fast keine oder nur äußerst schwache Andeutungen eines Zusammenhanges zwischen ihnen erkennen. Mit der Fleckentätigkeit der Sonne ist daher keinesfalls eine Änderung ihrer mittleren Temperatur verbunden. Für wie lange dieser Zustand gesichert ist, läßt sich auch nicht annähernd feststellen. Er kann ebenso weitere Tausende wie vielleicht Millionen von Jahren andauern. Zunächst ist also jede Furcht einer ungünstigen Wendung für eine lange Reihe von Generationen nach uns unbegründet, aber andererseits auch klar, daß eine solche doch einmal eintreten muß.

Die Erde und ihre Atmosphäre. Eine weitere Gefahr droht der Erde aus der Möglichkeit eines Verlustes ihrer Atmosphäre, wodurch ihr das gleiche Los zufallen würde, das unseren Mond schon von langer Zeit her ereilt hat. Welche Bedeutung die Atmosphäre im Energiehaushalt der Erde hat, wie sie die Hauptbedingung ist für das Leben, das sich auf ihr abspielt, braucht wohl keiner eingehenderen Ausführung. Durch die Schwerkraft an die Erde gefesselt, breitet sie sich um sie als Schutzhülle aus, die den Anprall der auf sie einstürzenden Meteore dämpft.

Ihrem Inhalt an Sauerstoff und Kohlensäure und der Wechselwirkung zwischen beiden verdanken Tiere und Pflanzen ihre Lebensmöglichkeit. Ohne sie und den Wasserdampf in ihr wäre der Kreislauf des Wassers vom Ozean, über dem es verdampft, zum Festlande hin, über dem es im Niederschlage zur Erde zurückkehrt, nicht möglich. Sie ist es ferner, welche das Licht und die Wärme der Sonne gleichmäßig über den ganzen Erdball verteilt und so damit die so wertvollen Übergangsperioden zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter, Trockenheit und Niederschlag erzeugt und ihrer Eigenschaft, die direkt auf sie auffallenden Sonnenstrahlen zum großen Teile der Erde zuzuführen und diese dadurch zu erwärmen, die vom Erdboden aber reflektierten zurückzuhalten und damit das Verhältnis zwischen Ein- und Ausstrahlung in für die Erde vorteilhafter Weise zu regeln verdankt man die Möglichkeit einer Aufspeicherung der Sonnenenergie in ihr, derart, daß wir noch heute von den Vorräten zehren, welche die Sonne seit fast unendlicher Zeit ihr zugeführt hat.

Wie ganz anders ist es auf dem Monde. Denn daß der Mond keine Atmosphäre oder höchstens nur eine, deren Dichte etwa 1:200 der der Erde gleichkommt, folgt aus einer Menge einzelner Erscheinungen, die auf ihm beobachtet werden. Sterne, an denen er in seinem Laufe am Himmel vorbeizieht, verschwinden bei der Bedeckung ganz plötzlich an seinem Rande. Ihr Licht wird hierbei weder abgeschwächt noch abgelenkt. Sein Spektrum stimmt mit dem der Sonne vollständig überein. Die von ihr ausgehenden und auf seine Oberfläche auffallenden Lichtstrahlen werden vom Boden reflektiert, ohne durch eine Atmosphäre hindurchzugehen und ohne hier eine Schwächung oder eine Absorption zu erleiden. Die Schatten der auf ihm vorhandenen Berge erscheinen im Fernrohre schwarz und außerordentlich scharf begrenzt, und alle Halbschatten und grauen Abtönungen, wie sie gerade auf der Erde durch die als Folge ihrer Atmosphäre bedingten Dämmerungserscheinungen hervorgerufen werden, fehlen auf ihm ganz. Den eventuellen Mondbewohnern wird daher der Himmel mit der leuchtenden Sonne und den funkelnden Sternen einen ganz anderen Anblick bieten, als es für uns Erdbewohner der Fall ist. Die blaue Farbe des Himmels, die durch die Zerstreuung (diffuse Reflexion) der blauen und violetten Sonnen-

strahlen in der Atmosphäre entsteht, wird ihnen abgehen, sowie auch die roten und gelben Farben, die beim Auf- oder Untergang der Sonne in der Dämmerung auftauchen.

Man kann nun die Frage aufwerfen: hatte der Mond von jeher keine Atmosphäre, oder verlor er sie erst in den vielen Jahrtausenden, in denen er zu seinem ununterbrochenen Umlaufe um die Erde verurteilt ist? Erst in neuester Zeit wurde auf Grundlage der Lehren der kinetischen Gastheorie eine Hypothese aufgestellt, welche einen solchen Verlust recht wahrscheinlich erscheinen läßt und mit einem ebensolchen Schicksal auch die Erde bedroht. Nach dieser Lehre betrachtet man jedes Gas als ein Gemenge von Molekeln, die nach allen möglichen Richtungen durcheinanderschwirren, aneinanderstoßen und wieder voneinander abprallen. Ihre Geschwindigkeiten werden dabei offenbar für dichtere Gase kleiner, für weniger dichte dagegen größer sein. Sie werden aber auch größer sein, wenn das Gas die Hülle eines festen Körpers, wie es die Atmosphäre eines Planeten ist, bildet und durch ihn je nach seiner Masse eine kleinere oder größere Anziehung erfährt, wie es beispielsweise auf dem leichteren Monde gegenüber der schwereren Erde der Fall ist. So erscheint es wohl möglich, daß der Mond, wenn er auch ursprünglich eine dichtere Atmosphäre hatte, die aus den gleichen Bestandteilen sich zusammensetzte wie die der Erde, die von ihm fortfliegenden Moleküle nicht dauernd an sich fesseln konnte. Die Atmosphäre wurde so im Laufe der Zeit immer dünner und ist heute fast unmerklich, wenn nicht ganz entschwunden. In gleicher Art erklärt die Hypothese auch die Tatsache, daß die Atmosphäre der Erde ein Gemisch der zwei schwereren Gase, des Sauerstoffs und des Stickstoffs, ist, dagegen freier Wasserstoff und ferner jenes neue Gas, das zunächst auf spektralanalytischem Wege auf der Sonne entdeckt und dann erst in einigen seltenen Mineralien auf der Erde aufgefunden wurde, das Helium, nicht in ihr enthalten sind. Ob sich diese Gase vielleicht in den höheren Schichten der Luft, an der sogenannten Grenze der Atmosphäre, vorfinden, die uns nicht zugänglich sind, über deren Beschaffenheit und Zusammensetzung auch nichts bekannt ist, sondern die sich uns nur verraten durch die Erscheinung des Nordlichtes oder durch das Aufleuchten von Meteoren in ihnen, darüber läßt sich derzeit nichts Bestimmteres aussagen.

Was die Atmosphären der anderen Planeten anlangt, so lehren die Beobachtungen, daß sie zum Teil von der der Erde recht verschieden sind. Die des Mars und des Merkur dürften viel weniger dicht sein als die der Erde und dazu noch sehr arm an Wasserdampf. Im Gegensatz dazu scheint die Venus eine recht dichte Wolkenhülle zu besitzen. Die Spektra der großen Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, wiederum zeigen Absorptionsbanden, die im Sonnenspektrum nicht auftreten und damit auf sehr dichte Atmosphären hindeuten, in denen auch freier Wasserstoff und Helium enthalten zu sein scheinen. Für den Mond selbst bedeutet der Mangel einer Atmosphäre eine exzessive Temperaturdifferenz von mehr als 300° zwischen Tag und Nacht, die bei ihm wegen der Identität zwischen der Rotationsdauer um seine Achse und der Umlaufszeit um die Erde etwa 14 Tage andauern. Während des Tages erhebt sich seine Bodentemperatur infolge der Einstrahlung durch die Sonne auf seinem Äquator bis etwa 100°, um während der Nacht bis nahezu zur Temperatur des absoluten Nullpunktes, d. i. —273° C, zu sinken. Auf der Erde kommt ein so großer Unterschied nicht vor. Die größte Schwankung, die sich da zeigt, betrifft die Umgebung des Kältepols in Sibirien, liegt aber nur etwa zwischen den Grenzen +20° im Juli und —50° im Jänner.

C. Das Fixsternsystem.

Die Spektraltypen der Fixsterne. Die Spektralanalyse der Fixsterne knüpft an die der Sonne als des uns benachbartesten aller selbstleuchtenden Sterne an. Ihr Spektrum zeigt schon auf den ersten Blick zwei voneinander wesentlich sich unterscheidende Teile. Es ist zunächst das durch alle sieben Spektralfarben, rot, orange, gelb, grün, hell- und dunkelblau und violett hindurchgehende Farbenband, das jeder feste glühende Körper aussendet. Außerdem erscheint es senkrecht durchzogen von einer Menge schwarzer oder vielleicht nur dunkler Linien. Sie entstehen in der Atmosphäre der Sonne. Jedes Gas hat nämlich die Eigenschaft, Strahlen von derselben Farbe, die es selbst im glühenden Zustande aussenden würde, beim Durchgange des Lichtes zu absorbieren, so daß die einfache Anwesenheit solcher dunkler Querlinien in einem sonst ununterbrochenen oder kontinuierlichen Spek-

trum auf das Vorhandensein eines Durchgangsmediums hinweist, wie auch die Kenntnis ihrer Lage und Verteilung dessen chemische Natur erkennen läßt. Wir ziehen aus dieser Erfahrungstatsache den Schluß, daß die Sonne ein glühender fester Körper ist, der umgeben scheint von einer ebenso glühenden Gashülle, und da die Sterne gleiche Spektra zeigen, müssen wir ihnen die gleiche Konstitution zuschreiben. — Wir können ferner aus der Lage der dunklen Linien in den verschiedenen Spektren auf die chemischen Stoffe schließen, die sich in der Gashülle vorfinden, und kommen damit zu dem Ergebnis, daß überall im Universum, auf der Erde wie auf der Sonne, auf dem Sirius wie auf dem fernsten Milchstraßenstern, die chemische Konstitution der Materie die gleiche ist.

Betrachten wir aber die einzelnen Sternspektra genauer, so zeigen sich doch charakteristische Unterschiede in ihnen, und man hat die Aufgabe, wenn man sonst bei ihrer ungeheuren Zahl Gesetzmäßigkeiten zwischen ihnen auffinden will, sie nach einem gewissen Prinzip zu ordnen. Es gelang aber diese Aufgabe erst dann, als man die visuelle Methode, die Beobachtung mit dem Auge, durch die photographische Platte ersetzte, die es gestattet, die Schwäche der Lichtquelle durch die Länge der Exposition auszugleichen und so nicht bloß die hellsten Sterne der ersten bis zur zweiten Klasse, sondern auch schwächere spektroskopisch zu prüfen. Zunächst erfreute sich die Secchi-Vogelsche Teilung in drei Haupttypen allgemeiner Anerkennung. Neuestens wurde sie aber ersetzt durch die auf einer weit größeren Zahl von Spektralbeobachtungen beruhende Gliederung, die von der Harvardsternwarte in Cambridge in Amerika durchgeführt wurde. Danach zerfällt fast die Gesamtheit der Sterne in sechs Hauptklassen, die mit B, A, F, G, K und M bezeichnet werden; ein kleiner Rest, der sich in diese Teilung nicht einordnen ließ, erhielt die Benennung O und N, von denen die Gruppe O den B-Sternen vorgeht, die N- aber den M-Sternen nachzufolgen scheinen.

An erster Stelle stehen (abgesehen von den O-Sternen) die B- oder Heliumsterne. Ihr Spektrum zeigt das kontinuierliche Farbenband des glühenden Kernes, nur von wenigen Linien unterbrochen, die fast ausschließlich dem Helium und dem Wasserstoff entstammen und die man an der Sonne nur weit außen in den

Protuberanzen findet. Ihr Repräsentant ist δ Orionis. In der folgenden A-Gruppe der Wasserstoffsterne herrscht fast nur der Wasserstoff vor, während die Heliumlinien verschwunden sind. Zu ihnen gehören Sirius und Wega. Nun tritt auch noch der Wasserstoff zurück, und an seine Stelle kommen besonders im Violett die Linien des Kalziums zum Vorschein. Das ist das Charakteristische der F- oder Kalziumsterne. Andere Metallinien sind wohl auch schon vorhanden, aber noch sehr schwach. Allmählich werden aber diese, besonders die Eisenlinien, stärker und deutlicher, und damit wird das Spektrum dieser Sterne ganz ähnlich dem der Sonne. Ihnen entspricht die Gruppe der G- oder Sonnensterne, und ihr Vertreter ist Kapella. Der nächstfolgende Typus der K-Sterne, zu denen Arkturus und Aldebaran gehören, ist gekennzeichnet durch äußerst kräftige und breite Kalzium- und andere Metallinien, während gleichzeitig das blaue und violette Ende des kontinuierlichen Spektrums des glühenden Kernes an Helligkeit abnimmt. Im Typus M endlich, mit den Hauptvertretern, α Herkulis und α Orionis ist der Helligkeitsabfall des kontinuierlichen Spektrums ein noch viel größerer, so, als ob die Strahlung des Kernes schon fast ganz verschwunden wäre. An Stelle einzelner dunkler Linien treten Absorptionsbänder auf, wie man sie in den Spektren einiger chemischer Verbindungen sowie an der Sonne in den Spektren ihrer Flecken beobachtet. Zwischentypen werden nach dieser Klassifikation durch beigefügte Ziffern bezeichnet. So würde etwa F_5 G, bezeichnet mit F_5, ein Spektrum kennzeichnen, in dem sich die Eigentümlichkeiten der F- und der folgenden G-Gruppe gewissermaßen in gleichen Teilen verteilt vorfinden.

Die Farbe der Sterne. Es schein zunächst, als ob einzig ein rein äußerliches Merkmal, nämlich die Zahl der Linien im Spektrum sowie ihre Stellung in ihm, die für das Element, dem sie entstammen, charakteristisch sind, das Prinzip ist, auf dessen Grundlage die Teilung der Sterne in die einzelnen Typen erfolgte. Allein ein tieferes Eingehen in das Wesen desselben zeigt, daß dieses rein äußerliche Kennzeichen doch einen bedeutungsvollen Grund hat. Es folgt dies vorerst aus dem Zusammenhange, der sich zwischen diesen Hauptklassen der Sterne und ihrer Farbe kundgibt. Die Sterne am Ende der Reihe sind rötlich, und diese

Farbe geht beim weiteren Fortschreiten durch Gelb bis zum reinen Weiß jener Sterne über, die am Anfang der Reihe stehen. Das erinnert unmittelbar an den Sprachgebrauch, der die aufeinanderfolgenden Temperaturzustände eines glühenden Körpers mit den Worten Rot-, Gelb- und Weißglut bezeichnet. Fängt ein Körper eben erst zu glühen an, so sendet er vorzugsweise rote Strahlen aus. Er ist in Rotglut. Bei steigender Temperatur kommen noch die gelben und etwa noch die grünen Strahlen hinzu. Seine Farbe geht ins Gelbe über, und er befindet sich in Gelbglut. Erst bei noch weiterer Steigerung der Temperatur sendet er alle Arten von Strahlen des sichtbaren Spektrums aus. Er wird weißglühend.

Noch genauer läßt sich dieser Zusammenhang durch direkte Beobachtung der Farbe der Sterne und die Möglichkeit, sie zahlenmäßig festzustellen, verfolgen. Ein Problem, dem man sich erst in jüngster Zeit widmete. Man wählte nach einem Vorschlag des P. Hagen in Rom die vier Farben weiß, gelb, orange und rot als Hauptfarben und bezeichnet sie mit den Zahlen 0, 3, 6 und 9. Farbennuancen zwischen ihnen schätzte man sodann nach Dritteln, bis damit eine fortlaufende Skala von 0 bis 9 entstand. Als Hauptergebnis dieser zum Teil recht schwierigen und mit großer Um- und Vorsicht durchzuführenden Beobachtungen zeigte sich die interessante Tatsache, daß der Spektraltypus eines Sternes sowie seine Farbe so weit miteinander parallel gehen, daß man mit ziemlicher Sicherheit von dieser auf jenen und umgekehrt schließen kann.

Neben dieser direkt die Farbe eines Sternes bestimmenden Zahl kommt noch nach Schwarzschild dessen Farbenindex in Betracht. Seine Theorie beruht auf dem folgenden Gedankengang. Beobachtungen über die Helligkeit oder Größe der Sterne können auf zweifachem Wege gemacht werden. Einmal mit dem bloßen Auge am Fernrohr oder mit eigens hierzu hergestellten Apparaten: Photometer genannt. Die nach dieser Methode gewonnenen Zahlenwerte für die einzelnen Sterne nennt man deren optische oder visuelle oder photometrische Größe. Ein zweites, davon wesentlich verschiedenes Verfahren gibt die Photographie an. Jeder Stern ruft auf einer photographischen Platte, die am Fernrohr seinem Lichte ausgesetzt wird, einen Eindruck hervor, der die Form

eines kleinen Scheibchens hat. Für die helleren Sterne wird dieser Eindruck ein größerer, für die schwächeren kleiner, und man sieht ein, daß man in der Größe des Eindruckes oder dem Radius des Scheibchens ein Maß für die Helligkeit des Sternes hat. Oder auch, man verschiebt die am Fernrohr angebrachte photographische Platte während der Exposition ein klein wenig, so daß jeder Stern auf ihr ein kleines Rechteck in gleichmäßigen Schraffierungen beschreibt. Dann wird für die helleren Sterne diese künstlich verbreiterte Spur schwärzer, für die schwächeren weniger schwarz erscheinen, und man hat wieder in dem Grade der Schwärzung ein Maß für die Helligkeit des Sterns. Die danach gefundene Zahl nennt man seine photographische oder chemische oder aktinische Helligkeit. Die Frage, die da sofort auftaucht, ist: Sind diese zwei Zahlen für alle Sterne stets identisch? Und die Antwort auf sie ist ein entschiedenes Nein. — Man wird auch kaum darüber erstaunen, weiß man doch, daß die unendlich vielen Einzelstrahlen, aus denen sich das Licht eines Sternes zusammensetzt, keineswegs in gleicher Intensität auf das Auge des Beobachters wie auf die photographische Platte einwirken, sondern daß da eine Scheidung der verschiedenen Strahlenarten (Selektion) eintritt. Das Maximum der Energie der die Netzhaut des Auges reizenden Strahlen liegt im gelben Teil des Spektrums, entsprechend der Wellenlänge von 0.00057 mm, das der chemischen oder photographisch wirksamen dagegen im Blau bei der Wellenlänge 0.00042 mm. Die aus den beiden Zahlen resultierende Differenz, d. i. der Unterschied zwischen der chemischen und optischen Helligkeit der Sterne, ist die zweite für die Farbenbestimmung der Sterne wichtige Größe. Sie verläuft mit dieser ganz parallel und bietet daher wieder ein geeignetes Maß, die Farbe der Sterne zahlenmäßig darzustellen. Man nennt sie den Farbenindex des Sterns oder seine Farbentönung. Dabei bedeutet, da es sich um eine Differenz handelt, die auch negative Zahlen geben kann, ein negativer Farbenindex, daß der Stern eine um diese Differenz größere chemische und eine kleinere optische Helligkeit hat, umgekehrt ein positiver Index, daß die optische Helligkeit größer ist als die chemische.

Nunmehr kommt ein physikalisches Gesetz in Betracht, das sofort aus den so über die Farbe der Sterne gefundenen Zahlen

eine Bestimmung ihrer Temperatur gestattet. Dieses, als Wiensches Verschiebungsgesetz bekannt, sagt aus, daß die Temperatur eines Körpers, der Strahlen von verschiedenen Wellenlängen aussendet, umgekehrt proportional ist der Wellenlänge jener unter ihnen, denen die größte Intensität zukommt, ein Gesetz, das nur die bekannte Tatsache in eine mathematische Form einkleidet, daß bei Rotglut der Körper die roten Strahlen alle anderen überwiegen, daß bei wachsender Temperatur sich die Leuchtkraft des glühenden Körpers gegen die gelben Strahlen (Gelbglut) und bei weiterer Steigerung der Temperatur gegen das blaue Ende verschiebt, derart, daß dann der Körper bläulich weiß erscheint. Macht man nun folgende Annahmen, daß 1. das Maximum der Energie der optischen Strahlung, durch die die visuelle Helligkeit eines Sternes bedingt wird, im Gelb bei der Wellenlänge 0.00057 mm liegt, 2. das Maximum der chemischen Strahlung, die die photographische Helligkeit hervorruft, im Violett bei 0.00042 mm ist, 3. daß der Sonne als einem Sterne vom Typus G der Farbenindex +0.40 und eine Temperatur von 6000° zukommt, so hat man alle Rechnungsmittel an der Hand, um aus dem Farbenindex eines Sternes seine Temperatur zu berechnen.

Die folgende Tafel möge die da auftretenden Abhängigkeiten und Zusammenhänge charakterisieren, wobei jedoch nicht zu vergessen ist, daß die angegebenen Zahlen vorerst bloß als Schätzungswerte anzusehen sind, denen noch keine große Genauigkeit zukommt. Es liegen ihnen eben noch zu wenig Beobachtungen zugrunde, zudem nur solche, die nach einem einzigen Verfahren angestellt sind und daher die Gefahr systematischer Fehler nicht ausschließen. Aber immerhin sind sie wertvoll und dürften uns doch ein halbwegs zutreffendes Bild geben von dem verschiedenen Verhalten der Sterne.

	Farbe	Farbenindex	Temperatur
B (Heliumsterne)	1·5	−0·64	19000°
A (Wasserstoffsterne)	2·4	−0·33	11000°
F (Kalziumsterne)	3·7	+0·07	7000°
G (Sonnensterne)	4·9	+0·31	6000°
K	5·7	+0·98	4000°
M	6·6	+1·73	3000°

Die Entwicklung der Sterne. Der Himmel zeigt uns, und das kann als das wichtigste Ergebnis der Spektralanalyse in Verbindung mit der Farbenuntersuchung angesehen werden, die

einzelnen Sterne gleichzeitig in den verschiedensten Temperaturzuständen, von dem heißesten an, dessen Temperatur an ungefähr 20000° heranreicht, bis zu den kühlsten von etwa 3000° oder noch weniger. Der einfachste Gedanke scheint nun der zu sein, in diesem Temperaturgang ein Abbild der Entwicklung der Sterne zu erblicken, unterliegt es doch keinem Zweifel, daß gerade die Temperatur hierbei die Hauptrolle spielt. Jeder Stern, der wie unsere Sonne selbstleuchtend ist, strahlt ununterbrochen Licht und Wärme aus. Der am meisten jugendliche Zustand eines Sternes ist daher wohl mit der Zeit seiner höchsten Temperatur verbunden. Er ist vielleicht, wenn wir die Nebularhypothese von der Entstehung der Sterne als richtig annehmen, eben erst aus der Urmaterie entstanden, eben erst, soweit man die Millionen von Jahren, daß er in diesem Zustande ohne merkliche Abnahme seiner Helligkeit und Erniedrigung seiner Temperatur auf uns herabschaut, als eine kurze Spanne Zeit in seiner Entwicklung bezeichnen kann. Die gelben Sterne, zu denen auch unsere Sonne gehört, stehen sodann in der Mitte ihres kosmischen Lebens, während die roten durch bedeutenden Wärmeverlust schon bis zu dem Zustande herabgesunken sind, in dem ihre Helligkeit und ihre Glut stark zur Neige geht, ihre Atmosphäre sich mit dunklen Massen füllt und ihre Oberfläche die ersten Anfänge der Bildung einer festen Kruste aufweist. Tatsächlich zeigt auch das Spektrum der Sonnenflecken eine gewisse Ähnlichkeit mit dem der roten Sterne. Vielleicht werden sie einmal ganz verlöschen, und der ehemals glühende Gasball wird nunmehr als starre und dunkle Masse im Weltenraum dahinschweben, das Universum einen sichtbaren Stern weniger zählen. Unsere Sonne, die zu den Sternen von mittlerem Typus gehört, ist wohl noch weit von diesem Zustande entfernt. Aber die dunklen Flecken, die so häufig auf ihrer Oberfläche auftreten, wenn sie auch bald wieder verschwinden, können schon als die ersten Zeichen und Vorboten ihres beginnenden Alterns und nahenden Verfalls gedeutet werden. Im Laufe von Jahrmillionen werden sie zahlreicher werden. Die Sonne wird ein roter Stern, ihre Licht- und Wärmestrahlung wird sich vermindern und endlich ganz erlöschen, gleichwie jedes organische Leben auf der Erde entsteht, eine Blüte erreicht und endlich dem Zwange der Notwendigkeit gehorchend vergeht.

Aber neben der Frage nach dem Entstehen und Vergehen der Fixsterne kommt noch die in Betracht, welche Bedeutung die Nebel, die sich in so großer Menge am Himmel vorfinden, im System der Fixsterne haben. Indes ist die aus ihrer Beobachtung gewonnene Ausbeute vorerst eine recht geringe. Einer genaueren spektralanalytischen Untersuchung steht ihre Lichtschwäche entgegen. Immerhin zeigt sich im allgemeinen, daß ihre Spektra zweierlei Art sind, zunächst kontinuierlich mit mehr oder weniger deutlich sichtbaren Absorptionslinien, woraus zu schließen ist, daß diese Nebel Sternhaufen sind, deren einzelne Teile nur wegen der enormen Entfernung nicht mehr voneinander getrennt werden können und so den Eindruck eines einheitlichen Ganzen erzeugen. Dagegen liefern andere ein reines Gasspektrum, d. i. ein Spektrum mit hellen Linien, das einem glühenden Gase entspricht, und in dem die Linien auf das Vorhandensein von Wasserstoff, Helium und noch einem dritten Gas hindeuten, das bisher auf der Erde noch nicht aufgefunden wurde und dem man den Namen Nebulium gab. Diese sogenannten Gasnebel können nur die Objekte sein, aus denen nach der Nebularhypothese die Sterne entstehen. Sie sind wohl aus leuchtenden Gasen zusammengesetzt; aber über die Ursache des Leuchtens ist man noch nicht recht im klaren. Es scheint weniger einer außerordentlichen hohen Temperatur der Gase zuzuschreiben zu sein, als vielmehr einer Art elektrischer Entladungen in ihnen, die durch ihre sehr große Verdünnung (selbst bei sehr niedrigen Temperaturen) ermöglicht werden.

Ist die letztere Anschauung richtig, dann hätte man die Nebel wieder als Anhäufung von Meteorstaub aufzufassen, die durch den unaufhörlichen Anprall der einzelnen Meteorteilchen in ihnen sich erst langsam erwärmen, zur Verdampfung kommen, bis sie endlich eine gleichmäßig gasförmige Masse von sehr hoher Temperatur, d. i. einen Stern bilden, der infolge der Ausstrahlung sich wiederum abkühlt und endlich erlischt. Der Entwicklungsgang der Sterne wäre danach der folgende: Nebel, identisch mit einer Anhäufung von Meteoriten, dann roter Stern, hierauf gelber Stern, schließlich ein weißer Stern, und hierauf in entgegengesetzter Reihe der aufeinanderfolgenden Temperaturstufen wieder ein gelber Stern, ein roter und zum Schlusse ein erloschener Stern. Wo-

durch sich aber die einzelnen Sterne in der auf- und absteigenden Reihe ihrer Entwicklung voneinander unterscheiden, ist zur Zeit ganz unbekannt. Möglich ist es, daß sich die Sonne in der aufsteigenden Reihe befindet, daß sie erst noch ein weißer Stern wird, ehe sie ihrem langsamen Erlöschen entgegengeht. Doch damit wäre diese Frist nur um einige Billionen von Jahren hinausgeschoben, aber ihr schließliches Ende doch nicht aufgehoben.

Die veränderlichen Sterne. Als ein sichtbares Zeichen des Verfalls der Sterne können auch die veränderlichen unter ihnen angesehen werden, d. s. jene, die nicht stets in gleichem Glanz am nächtlichen Himmel erstrahlen, sondern deren Helligkeit mannigfachen geringen, oft auch recht auffallenden Veränderungen unterworfen ist. Ihre Entdeckung gehört ganz der neuen Zeit an. So wurde die Veränderlichkeit der berühmten Mira Ceti (*o* Ceti) 1596, die des nicht minder berühmten Algolsternes (*β* Persei) 1669 erkannt, aber erst von 1782 an systematisch verfolgt. Der 1844 erschienene Katalog von Argelander enthält bloß 18 solcher Sterne, seitdem aber, besonders nach konsequenter Anwendung der Photographie, stieg ihre Zahl immer mehr, und heute zählt man wohl schon, abgesehen von den neuestens in mehreren Sternhaufen und Nebeln entdeckten, deren an 1000.

Sie lassen sich in zwei große Gruppen teilen. Zur ersten gehören jene, deren Lichtwechsel mit großer Regelmäßigkeit vor sich geht, in kürzeren Perioden von einigen Stunden, wie in längeren von mehreren Tagen. Sie unterscheiden sich voneinander durch die Art der Lichtkurve, die jedem von ihnen eigentümlich ist und die jede wieder ihre charakteristischen Einzelheiten zeigt, und lassen sich fast alle durch die Annahme erklären, daß sie Begleiter haben, die um sie in der gleichen Zeit herumlaufen, während der sich eine Periode ihres Lichtwechsels vollzieht. Der Begleiter kann ein dunkler Körper sein, der von der Erde aus gesehen bei dieser Umlaufsbewegung vor die sichtbare Scheibe des Hauptsternes tritt und damit eine Schwächung seines Lichtes, eine Art Sonnenfinsternis für uns herbeiführt. Oder es sind beide Sterne gleich hell und erscheinen bald nebeneinander, wobei sie dem beobachtenden Auge eine größere Helligkeitsfläche bieten und damit den Eindruck größeren Glanzes hervorrufen, bald aber hintereinander, so daß damit eine Schmälerung ihrer Lichtstärke ent-

steht. Man bezeichnet daher alle mit dem gemeinsamen Namen Bedeckungssterne, und daß diese Erklärung richtig ist, hat sich bei vielen von ihnen durch direkten, auf spektroskopischem Wege nach dem Dopplerschen Prinzip durchgeführten Nachweis ihrer Umlaufsbewegungen umeinander feststellen lassen, wenn auch bisher noch nicht durch diese zwei einfachen Annahmen alle Besonderheiten in ihrem Lichtwechsel erklärt, d. h. mit den Beobachtungen in volle Übereinstimmung gebracht werden konnten.

Wesentlich verschieden von ihnen ist die zweite Gruppe der veränderlichen Sterne. Der Verlauf ihres Lichtwechsels ist ganz unregelmäßig; ihre Periode unterliegt Schwankungen, die oft nach mehreren Tagen zählen. Zu diesen gehört der Mira-Stern, dessen Lichtwechsel durchschnittlich 331 Tage mit einer Schwankung zwischen 320—370 Tagen andauert, wobei auch gleichzeitig die kleinsten und größten Helligkeiten recht bedeutende Änderungen erleiden. In einem Maximum erreicht der Stern die zweite Größenklasse, in einem anderen nur die fünfte, die Minima wiederum variieren zwischen der achten und zehnten Größe, ohne daß es bisher gelungen wäre, ein Gesetz für diese Doppelperioden aufzustellen. Ein zweiter hierher zu zählender Stern ist α Orionis (Beteigeuze). Seine Lichtschwankung beträgt nur eine halbe Größe, aber Maxima und Minima wechseln nacheinander in langen und kurzen Zeitabschnitten ganz regellos. Bei ihnen versagt der für die erste Gruppe der Veränderlichen aufgestellte Erklärungsversuch, den Lichtwechsel auf Verfinsterungen durch einen Begleiter zurückzuführen. Schon die Unregelmäßigkeit der Helligkeitsschwankungen macht ihn unwahrscheinlich. Man wird vielmehr bei ihnen an Schlacken- und Fleckenbildungen auf ihrer Oberfläche denken; gleichwie bei der Sonne, die in den auf ihrer Oberfläche sich zeigenden Flecken eine Zu- und Abnahme aufweist, aus der geschlossen werden könnte, daß, wenn sie in die Entfernung eines Sternes käme und man dann ihr Licht messen würde, sie ebenfalls als ein unregelmäßig veränderlicher Stern von einer Periode von etwa 11 Jahren mit einer Überlagerung einer kürzeren von etwa acht und einer längeren von 35 Jahren erscheinen dürfte. Doch wären diese Helligkeitsänderungen der Sonne wegen der relativ kleinen Schlackenfelder gegenüber ihrer Gesamtoberfläche nur sehr gering, fast für unsere feinsten photometri-

schen Meßapparate unzugänglich, während die gleichen Änderungen z. B. bei Mira-Ceti über acht Größenklassen gehen und eine Abnahme seiner Helligkeit auf den 2000. Teil der ursprünglichen hervorrufen. Es muß also angenommen werden, daß die Ausdehnung der Schlackenfelder bei diesen Veränderlichen weitaus die der Sonne übertrifft, daß sie aber trotzdem sich auf dem glühendflüssigen Kerne allemal wieder auflösen und den Stern in seinem alten Glanz erscheinen lassen, dann sich von neuem bilden, bis sie eine bestimmte Ausdehnung erreichen, um nach einigen Tagen abermals zu verschwinden, so daß es den Anschein hat, als ob diese Sterne die Erscheinungen, die wir an der Sonne alltäglich beobachten, nur in einem übertriebenen Grade zeigen. Zugunsten dieser Erklärung spricht ebensowohl die Tatsache, daß die Erscheinungen an der Sonne für sie ein gleichartiges Beispiel abgeben, wie die neue, aus spektroskopischen Beobachtungen erschlossene, daß die Sterne dieser zweiten Gruppe der Veränderlichen zumeist rote Sterne sind und dem Typus der K und M angehören, sowie daß ihr Spektrum eine große Ähnlichkeit hat mit dem der Sonnenflecke.

Neue Sterne. Einen anderen Ausblick in die Zukunft eröffnet die Erscheinung der neuen Sterne, die schon von den ältesten Zeiten die Aufmerksamkeit und Einbildungskraft der Astronomen erregte. Plötzlich flammen sie im Dunkel des nächtlichen Himmels auf, um nach kurzer Zeit, die bei einigen nach Tagen, bei anderen nach Monaten zählt, dem unbewaffneten Auge scheinbar spurlos zu verschwinden. Woher kommen sie, oder welcher Katastrophe am Himmel verdanken sie ihre Entstehung, oder sind sie gar neue Schöpfungen aus dem Nichts?

Die erste Nachricht über die Erscheinung eines neuen Sternes stammt aus dem Altertum. Plinius erzählt in seiner Naturalis Historia, daß Hipparch, der berühmteste unter den griechischen Astronomen, durch das Auflodern eines solchen am Himmel angeregt wurde, einen Sternkatalog anzulegen, in dem alle dem freien Auge sichtbaren Sterne nach ihrer Lage am Himmel, ihrer Größe und Helligkeit verzeichnet erscheinen, zu dem Zwecke, um, sowie er ein solch bedeutungsvolles Ereignis erlebt habe, auch den kommenden Geschlechtern die Möglichkeit zu bieten, etwaige Veränderungen und Umwälzungen am Sternenhimmel feststellen

zu können. Lange Zeit hindurch wurde die Wahrheit dieses Berichtes angezweifelt. Erst in der neuen Zeit nach Veröffentlichung der astronomischen Aufzeichnungen der Chinesen fand er seine Bestätigung in der in ihnen enthaltenen Angabe, daß im Jahre 134 v. Chr. — d. i. gerade zur Zeit der Haupttätigkeit Hipparchs auf der Insel Rhodus — im Sternbild des Skorpion ein neuer Stern aufgetaucht und nach kurzem Leuchten wieder verschwunden sei.

Ein zweiter, nunmehr schon ausführlicherer Bericht über eine solche Erscheinung kommt aus dem Jahre 1572, und vor einem Mann, der sofort ihre Wichtigkeit für die Astronomie erkannte und auch mit Eifer daran ging, sie für diese zu verwerten. Als Tycho Brahe am Abend des 11. November aus seinem alchimistischen Laboratorium zum Abendessen nach Hause ging und zufällig gegen den Himmel sah, erblickte er zu seinem Erstaunen nahe am Zenit im Sternbilde der Cassiopeja einen sehr hellen Stern, wo, wie er wohl wußte, und bei dem bekannten charakteristischen Aussehen dieses Sternbildes ist daran nicht zu zweifeln, bisher kein Stern stand. Anfangs traute er seinen Augen nicht und fragte die ihn begleitenden Diener, dann vorübergehende Männer, ob sie nicht auch den schönen Stern sähen, und als alle die Frage bejahten, konnte er an der Wahrheit der Erscheinung nicht mehr zweifeln und ging nun sofort daran, den Ort des Sternes am Himmel zu bestimmen. Er maß seine Entfernung von den fünf Hauptsternen der Cassiopeja und wartete mit Ungeduld die nächste klare Nacht ab, welche Überraschung sie bringen, ob der Stern nicht ebenso schnell, wie er erschienen, wieder verschwinden, ob er irgendwelche Bewegung zeigen oder unverändert seinen Ort am Himmel beibehalten werde. Der Stern war tatsächlich am nächsten Abend wieder da, an derselben Stelle des Himmels, und er blieb 18 Monate lang am Himmel, während welcher Zeit jedoch seine Helligkeit langsam und stetig abnahm und er gleichzeitig vielfach seine Farbe änderte. Anfangs leuchtete er, wie Tycho es feststellt, in gleichem Glanze wie die Venus im Maximum ihrer Helligkeit. Ja Leute mit scharfen Augen sahen ihn mitten am Tage, und in der Nacht selbst durch eine dichte Wolkenschicht. Erst im Dezember wurde seine Helligkeit geringer; aber immerhin erstrahlte er da in gleichem Glanze wie Jupiter, im Februar

und März erschien er wie ein Stern erster Größe, im April und Mai glich er einem von der zweiten und bis August einem dritter Größe und unterschied sich da nur wenig von den Hauptsternen der Cassiopeja selbst, die Sterne von dieser Größe sind. Im Januar 1574 war er nur mehr von der fünften, im Februar von der sechsten und im März entschwand er ganz der Sichtbarkeit mit freiem Auge. Zur Zeit seiner größten Helligkeit war er rein weiß, später etwas gelblich, als Stern erster Größe erschien er rötlichgelb wie Beteigeuze, dann wurde er bleifarben, wie Tycho sagt, ähnlich dem Saturn, und so blieb er während der weiteren Dauer seiner Sichtbarkeit. Gegenwärtig befindet sich an der Stelle des Himmels ein Stern 12. Größe.

Dieser merkwürdigen Erscheinung folgte 30 Jahre später eine neue gleicher Art, die in Kepler ihren Beobachter und Schilderer fand. Am 30. September 1604 wurde dieser neue Stern zum ersten Male gesehen und von Kepler ununterbrochen bis Februar 1606 beobachtet. Er war nicht so hell wie der Tychonische in seinem größten Glanze, aber immerhin so hell wie Jupiter und noch anfangs 1605 so hell wie Beteigeuze. Heute steht an seiner Stelle am Himmel ein Stern neunter Größe. Seitdem sind noch 18 neue Erscheinungen gleicher Art wahrgenommen worden, von denen die folgenden schon in die neueste Zeit fallen und daher auch mit allen Hilfsmitteln, die der modernen Astronomie zur Verfügung stehen, wie Photometer, photographische Platte und Spektroskop, untersucht wurden. Erst diese gaben über ihre Konstitution und die möglichen Ursachen ihres plötzlichen Aufleuchtens so weit Aufschluß, daß man sich über sie einigermaßen zutreffende Hypothesen bilden konnte. Es waren dies:

1.	die	Nova	im	Sternbild	der	Krone	aus	dem	Jahre 1866
2.	„	1. „	„	„	des	Schwanes	„	„	„ 1876
3.	„	„	„	„	des	Fuhrmanns	„	„	„ 1892
4.	„	„	„	„	des	Perseus	„	„	„ 1901
5.	„	„	„	„	des	Adlers	„	„	„ 1918
6.	„	2. „	„	„	des	Schwanes	„	„	„ 1920

Ein Erklärungsversuch spricht von Ausbrüchen von glühenden Dämpfen aus dem Innern des Sterns, wie sie sehr häufig auf der Sonne als Protuberanzen wahrgenommen werden, die aber beim Sterne in so gewaltiger Menge und in solcher Ausdehnung stattfinden, daß er sehr rasch von einer völligen Unsichtbarkeit

oder doch sehr geringen Helligkeit zu dem verhältnismäßig lebhaften Glanz eines Sterns der ersten oder zweiten Größe ansteigt und dabei seine Leuchtkraft bis zur 1000-, ja oft 10000-fachen seiner ursprünglichen wächst, dann aber wieder langsam abklingt in dem Maße, als die ausgebrochenen Gasmassen zu ihm zurückfallen. Soll diese Erklärung richtig sein, dann muß sich sein Spektrum aus zwei aufeinanderliegenden Teilen zusammensetzen, so, als ob zwei verschiedene Lichtquellen wirksam wären, von denen jede ihr eigenes Spektrum erzeugt. Das erste, das des eigentlichen Sternes und daher identisch mit dem der Sonne, ist ein kontinuierliches, unterbrochen durch dunkle Absorptionslinien, das darüber liegende zweite, das den ausgebrochenen glühenden Gasen entstammt, besteht als ein Emissionsspektrum aus hellen Linien, und wenn beide, die dunklen Absorptions- und die hellen Emissionslinien, demselben Stoffe angehören, so müssen sie sich zu einer charakteristischen Doppellinie vereinigen, die sich aus einem hellen und einem dunklen Teile, beide gegen ihre normale Stellung verschoben, zusammensetzt.

Tatsächlich ist, wie es die Betrachtungen zeigen, ein derartiges Spektrum mit hellen Linien auf kontinuierlichem Untergrunde mit dunklen Begleitern auf der violetten Seite für alle neuen Sterne typisch und läßt somit schließen, daß die gegebene Erklärung im allgemeinen zutrifft. Fragt man aber nach der Ursache oder äußeren Veranlassung eines so gewaltigen Ausbruches, so entzieht sich die Antwort auf diese Frage vorerst fast ganz unserer Kenntnis. Die uns zur Verfügung stehenden Erfahrungstatsachen sind noch zu gering, um die Wagschalen nach der einen oder der anderen der möglichen Ursachen, wie Zusammenstoß zweier Sterne oder Einsturz großer Meteormassen oder Eindringen in eine besonders dichte Wolke kosmischen Staubes, hinneigen zu lassen. Die erste, ein Zusammenstoß zweier Sterne, ist zu wenig wahrscheinlich, als daß sie zur Erklärung einer relativ doch ziemlich häufig zu beobachtenden Erscheinung als richtig angenommen werden könnte. Auch müßte ihre Wirkung eine noch gewaltigere sein, die es unmöglich erscheinen läßt, daß die zwei Sterne, die da aneinanderstoßen, schon nach einigen Monaten wieder ganz unansehnlich werden. Das gleiche gilt auch von der zweiten, dem Einsturze großer Meteormassen. Diese müßten in so bedeutender

Menge vorhanden sein, daß sie eben fast einem Sterne gleichkämen und man es so wieder mit einem Zusammenstoße zweier Sterne zu tun hätte. Es bleibt also nur die dritte hypothetische Ursache übrig, das Eindringen eines Sternes, er mag ein ganz erkalteter oder nur in sehr schwachem Glanz noch leuchtender sein, in eine kosmische Staubwolke, und diese erfreut sich heute der meisten Anhänger. Danach stünde die Erscheinung eines neuen Sternes in Analogie mit dem Schauspiel einer rasch dahinschießenden Sternschnuppe in unserer Atmosphäre, nur daß sich dieses in anmutiger Form abspielt, jenes aber sich im Weltenraum in großartiger Weise einem Weltbrand gleichend ereignet. Dabei kann es noch geschehen, daß die Staubwolke dadurch beleuchtet, uns sichtbar gemacht wird und sich als Nebelmasse in der Nähe des Sternes verrät. Der Widerstand, den der Stern beim Eintritt in die Staubwolke erfährt, ruft auf seiner Oberfläche eine starke Erhitzung hervor, diese erzeugt den Durchbruch der glühenden Massen aus seinem Innern, und beide Ursachen zusammen geben der Erscheinung der Nova ihren typischen Verlauf: eines plötzlichen Aufflammens beim Eintritt in die Wolke, eines gewissen Gleichgewichtszustandes mit langsamer Abnahme der Helligkeit während des Verweilens in ihr, oft auch verbunden mit Schwankungen der Helligkeit mit wechselnder Dichte der Staubwolke, und eines meist raschen Abfallens der Lichtkurve mit dem Zeitpunkte des Austrittes aus ihr.

Was uns jedoch wieder vom menschlichen Standpunkte interessiert, wäre die Frage, kann nicht einmal die Sonne auf ihrer Wanderung durch den Weltenraum, die mit der Geschwindigkeit von etwa 20 km in der Sekunde erfolgt, auch einer derartigen kosmischen Staubwolke begegnen und sie dann das gleiche Schicksal, wenn auch vielleicht nicht in so gewaltiger Weise wie ein neuer Stern, erleiden, und würde sich das Annähern an eine solche Wolke nicht vielleicht schon Jahrhunderte oder nur Jahrzehnte im vorhinein durch irgendwelche Zeichen am Himmel verraten? Tatsächlich hat man es versucht, die großen Klimaschwankungen, wie sie sich auf der Erde in den verschiedenen geologischen und Eiszeitperioden zeigen, durch die Annahme zu erklären, daß die Sonne und mit ihr natürlich auch die Erde bald in wärmere, bald in kältere Teile des Weltenraumes gekommen sei,

was wohl besser ausgedrückt werden sollte mit den Worten: teils in eine etwas dichtere, teils in eine äußerst dünne Staubmasse, wodurch sie sich infolge der auf sie einstürzenden Meteore mehr oder weniger erwärmte. Es ist jedoch klar, daß dieser Erklärungsversuche zu vage ist, als daß ihm viele Anhänger zufallen dürften; ebenso hypothetisch wäre auch eine Antwort auf die oben gestellte Frage.

Wahrscheinlichkeit von Zusammenstößen. Die Frage nach der Wahrscheinlichkeit von Zusammenstößen von Sternen im Raume kann in doppeltem Sinne beantwortet werden. Vorerst vom Standpunkte der Analogie des Fixsternsystems mit den Gasen. Die kinetische Theorie dieser lehrt, wie man aus gewissen, für jedes Gas charakteristischen Angaben die zwei hierbei in Betracht kommenden Hauptgrößen berechnen kann, die mittlere Weglänge eines Molekels, d. i. den Weg, den es zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zusammenstößen mit anderen zurücklegt, und daraus die Zahl der Zusammenstöße selbst in einer angenommenen Zeiteinheit. Legt man als typisches Beispiel das Wasserstoffgas zugrunde, so hat man es, wenn man annimmt, daß es im normalen Zustande sich befindet, d. h. bei 0° Temperatur und 760 mm Atmosphärendruck, mit folgenden Zahlen zu tun:

Größe des Durchmessers der Molekel = 0.217 $\mu\mu$
mittlere Entfernung derselben voneinander . . . . . = 3.342 $\mu\mu$ = 15.4 Molekeldurchm.
mittlere Geschwindigkeit in der Sekunde = 1.7 km
mittlere freie Weglänge . . . . = 178 $\mu\mu$ = 820 Molekeldurchm.
Zahl der Zusammenstöße in der Sekunde . . . . . = 954.10^7

(1 $\mu\mu$ ist dabei gleich dem millionsten Teil eines Millimeter angesetzt). Die entsprechenden Zahlen für die Sterne sind schon früher (S. 63) angegeben worden in dem Vergleich mit Stecknadelköpfen, deren Durchmesser 1 mm beträgt, bei einer gegenseitigen Distanz von 100 km. Demgemäß hat man es für die Sterne mit folgenden Zahlen zu tun:

Größe des Durchmessers der Sterne = 1
mittlere gegenseitige Entfernung . . = 100.10^6 Sterndurchmesser.

Aus ihnen folgt als erstes und wichtigstes Ergebnis, daß die Dichte der Sterne im Raume $(100.10^6 : 15{\cdot}4)^3 = 274.10^{18}$ mal

kleiner ist als die der Molekeln im Wasserstoffgase: so wenig dicht ist die Materie im Raume verteilt; und wenn man sie gleichmäßig über ihn ausbreitet, so erhielte man ein Gas (Wasserstoffgas), dessen Atmosphärendruck nur $760 : 274.10^{18} = 2{\cdot}8.10^{-18}$ mm betragen würde. Dieser fast verschwindenden Größe entsprechend ist daher für die Sterne ihre mittlere freie Weglänge sehr groß und die Zahl der Zusammenstöße in der Sekunde sehr klein. Wenn man annimmt, daß die Geschwindigkeit der Sterne etwas größer ist als die der Sonne, etwa 27.4 km in der Sekunde, so gibt die Rechnung:

mittlere freie Weglänge . . . . $= 1{\cdot}63.10^{30}$ km
Zahl der Zusammenstöße im Jahre $= 5{\cdot}32.10^{-22}$

und die letzte Angabe ist so zu verstehen, daß $1 : (5{\cdot}32.10^{-22}) = 18{\cdot}8.10^{20}$ Jahre vergehen, bis ein Stern direkt mit einem anderen zusammenstößt, ein Zeitraum, der vielleicht schon mit dessen Alter, d. i. der Zeit seines Entstehens, seiner Blüte und seines endlichen Erlöschens, vergleichbar ist. Aber bei den Sternen wird nicht bloß der wirkliche Zusammenstoß, sondern auch schon eine derartige Annäherung zweier unter ihnen von Interesse sein, die groß genug ist, um sie aus ihrer durch die Anziehung des ganzen Systems vorgeschriebenen Bahn abzulenken. Dazu ist, wie eine theoretische Überlegung lehrt, eine Annäherung auf etwa ein Fünftel ihrer mittleren Distanz notwendig. Zwischen zwei solchen Annäherungen oder Vorübergängen zweier Sterne ist

die freie Weglänge . . . . . $= 1{\cdot}36.10^{13}$ km
und deren Zahl in einem Jahre $= 6{\cdot}38.10^{-7}$

so daß $1 : (6{\cdot}38.10^{-7}) = 1{\cdot}5.10^{6}$, d. h. fast $1\frac{1}{2}$ Millionen Jahre verfließen, bis zwei Sterne nahe aneinander kommen. Währenddessen beschreiben sie Bahnen, die nur sehr wenig von Geraden abweichen. Selbst innerhalb des Sonnensystems wäre durch eine derartige Ablenkung der Sonne von ihrer Bahn im Raume dessen Stabilität nicht gestört. Das könnte erst dann eintreten, wenn die Annäherung des störenden Sternes so weit ginge, daß er direkt auf unsere Planetenwelt einwirkte, wenn er sich also beispielsweise bis auf 100 Erdbahnradien $= 150.10^{10}$ km näherte. Ein solcher Fall könnte sich nur alle 16 Billionen Jahre ereignen. Die Wahrscheinlichkeit einer stellaren Störung der Stabilität des Planetensystems ist daher, gemessen an historischen Zeiträumen, praktisch gleich Null zu setzen.

Wesentlich schwieriger ist die Behandlung der Frage vom zweiten Standpunkte aus, der die Gesamtheit der Sterne als ein mechanisches System betrachtet, dessen einzelne Glieder bloß ihrer dem Newtonschen Gesetz gehorchenden gegenseitigen Anziehung unterworfen sind. Die hierbei zur Verfügung stehenden Beobachtungsdaten sind zu gering, als daß man aus ihnen irgendwelche einwandfreien Ergebnisse hätte ableiten können. Was man bisher untersuchte, sind die Probleme über das Gleichgewicht und die Bewegungsverhältnisse in Sternhaufen unter bestimmten, teilweise willkürlichen Annahmen über ihre Form, über die Zahl der Sterne, die Gesetze ihrer Anordnung in ihnen und die Verteilung ihrer Geschwindigkeiten. Ob sich aber diese speziellen Lösungen auf die ganze Welt von Sternen, die uns der nächtliche Himmel zeigt, anwenden lassen, ist sehr fraglich.

D. Der allgemeine Wärmetod.

Umwandlung der Energie. Wir können somit der Hoffnung leben, daß die Sonne noch während eines recht langen Zeitraumes der Erde ununterbrochen ihr strahlendes Licht und ihre belebende Wärme spenden werde. Noch ist vorerst keine Gefahr vorhanden, daß sich die Verhältnisse im Planetensystem, wie sie durch dessen Anordnung um die Sonne gegeben sind, sehr bedeutend ändern könnten, und ebenso wird auch der nächtliche Himmel uns seine funkelnden Sterne in fast unveränderter gegenseitiger Stellung zu den gleichen Bildern vereint, wie sie schon den Chaldäern vor 6000 Jahren erschienen sind, zeigen, und nur hier und da mag uns der Anblick eines neuen Sternes überraschen. Aber noch mehr. Das Prinzip der Erhaltung der Energie, dem die exakten Naturwissenschaften im vergangenen Jahrhundert eine so außerordentlich fruchtbare Umbildung verdankten, läßt neben ihrer Unzerstörbarkeit noch die neue Deutung ihrer Umwandlung in die verschiedenen Formen zu, in denen sie uns entgegentritt, als Energie der reinen sichtbaren Bewegung der ganzen Körper oder als Energie der unsichtbaren ihrer Molekeln, die wir teils als Wärme empfinden, teils bei wellenartiger Ausbreitung als Licht und Elektrizität wahrnehmen. Das ganze Naturgeschehen ist danach als ein Vorgang anzusehen, durch den Energie der einen Art in die der anderen umgewandelt wird. Wo sie in der einen

Form verschwindet, ist dies nur scheinbar der Fall, in einer anderen tritt sie uns wieder entgegen. Namentlich zeigt sich diese Umwandlung in den verschiedenen Kreisprozessen auf der Erde, die unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung stattfinden: als Kreislauf des Wassers, der als eine Wasserhebmaschine anzusehen ist, mit deren Leistungsfähigkeit sich keine von Menschenhand erbaute irgendwie messen kann. Als Kreislauf der Winde, welcher fortdauernd wärmere Luft in den höheren Schichten der Atmosphäre nach den Polen abfließen läßt, während die kältere am Erdboden anhaftend nach dem Äquator zurückgeführt wird; sowie endlich als Kreislauf der chemischen Prozesse, durch welche die Ernährung von Tier und Pflanze sich gegenseitig regeln.

So wie hier alle Prozesse (soweit sie sich auf der Erde unter der Einwirkung der Sonnenenergie abspielen) anscheinend periodischer Natur sind, kann man wohl die Frage aufwerfen: sollte es nicht auch im Weltsystem als Ganzem ebenso möglich sein? Die Zustände in ihm dürften sich dann etwa so gestalten, daß, wenn beispielsweise sämtliche Körper unserer Planetenwelt sich mit der Sonne vereinigt haben und alle ihre sichtbare Bewegungsenergie sich in Wärme umsetzte, sich aus dieser einheitlichen Masse wieder neue Bewegungsenergie bilde, ein neues Planetensystem aus den Trümmern des alten entstehe. Und dieser Vorgang könnte sich vielfach wiederholen und so eine Kette von Entwicklungen ergeben, in der an ein eben untergegangenes sich ein neues, wieder der Vollkommenheit zustrebendes System anschlösse, in Ewigkeit und unaufhörlich. An der Möglichkeit eines solchen Vorgangs ist wohl kein Grund zu zweifeln, haben wir doch ein Beispiel hierfür in dem rhythmischen Aufleben, Blühen, Früchtetragen und Wiederersterben der organischen Welt auf der Erde. Und so wie in unserem Sonnensystem, wäre es nicht möglich, daß sich der gleiche periodische Vorgang auch im System der Fixsterne abspielte, wofür wieder die Tatsache spricht, daß wir am Himmel die Sterne gleichzeitig in allen Phasen ihrer Entwicklung sehen, von den hellsten, im Höhepunkte ihres Glanzes stehenden an bis zu den ihrem Niedergange schon entgegengehenden rötlichen? Kann man nicht glauben, die Natur, welche vermögend war, sich aus dem Chaos in eine regelmäßige Ordnung und in ein geschicktes System zu setzen, sei ebenfalls imstande, aus dem neuen Chaos, darin sie

die Verminderung ihrer Bewegungen versenkt hat, sich wieder ebenso leicht wiederherzustellen und die erste Verbindung zu erneuern? (Kant.)

Der Wärmetod. Doch allen diesen Versuchen gegenüber, die dem sehnsüchtigen Verlangen der Menschen nach einer Ewigkeit der Natur entspringen, leugnet die neuere Physik entschieden die Möglichkeit derartiger periodisch vor sich gehender und unaufhörlich aufeinanderfolgender Entwicklungen. Die Grundlage hierzu bietet ihr das zweite allgemeine Hauptgesetz der Physik, das unter dem Namen des Carnot-Clausiusschen Prinzips bekannt, noch vor Entdeckung des ersten, des Erhaltungsprinzips der Energie, wohl von Carnot aufgestellt worden war, dessen Bedeutung und Tragweite aber erst Clausius erkannte.

Nicht alle Umwandlungen, sagt dieses Prinzip, der verschiedenen Energieformen ineinander, aus denen das ganze Geschehen in der Natur sich zusammensetzt, erfolgen mit gleicher Leichtigkeit, sondern im allgemeinen überwiegen die einseitigen in Wärme. Man muß unterscheiden zwischen den Übergängen oder Umwandlungen von Wärme von höherer Temperatur, von mechanischer, chemischer oder elektrischer Energie in Wärme von niederer Temperatur: diese nennt man positiv, und die entgegengesetzten negativ, bei denen Wärme von niederer Temperatur sich umsetzen soll in Wärme von höherer oder in eine der anderen genannten Energieformen. Für die ersteren hat die Natur gewissermaßen eine Vorliebe; sie vollziehen sich restlos ohne jede Kompensation. Bei den zweiten gelingt dies aber nicht. Es bleibt stets ein Teil der Wärme als nicht mehr umwandlungsfähiger Rest übrig; er ist für weitere Entwicklungsvorgänge in der Natur unwiderbringlich verloren. Sein Betrag hängt von einer Größe ab, die Clausius den Äquivalenzwert oder den Verwandlungswert und später die Entropie des Körpers nannte, durch dessen Zustandsänderung die Energieumwandlung erfolgte. Sie ist eine reine Zahlengröße, etwa zu definieren als das Verhältnis zwischen den zwei Teilen, in die der gesamte Energievorrat des Universums zerfällt; der eine Teil ist Wärme von einer bestimmten, wohl sehr niedrigen Temperatur und muß Wärme bleiben, der andere, zu dem alle andere Wärme von höherer Temperatur, sowie mechanische, elektrische und chemische Energie gehören, wäre als freie, d. h. verwandel-

bare Energie zu bezeichnen. Diese Verhältniszahl kann nur einen positiven Wert haben, derart, daß sie bei allen Umsetzungen in der Natur stets nur eine reale Zu-, nie aber eine Abnahme erfährt, eine Tatsache, die Clausius mit den Worten ausdrückt, die Gesamtentropie der Welt strebt einem Maximalwert zu, indem die größtmögliche Menge toter, keiner Umsetzung mehr fähiger Wärme von gleicher Temperatur sich vorfindet.

Für diese merkwürdige Bevorzugung der Wärme vor den anderen Energieformen hat man eine Erklärung zu geben versucht, die an die kinetische Theorie der Materie in Verbindung mit Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen anknüpft. Danach faßt man die Wärme als eine ungeordnete Bewegung der unzähligen Molekeln eines Körpers auf; alle anderen Energien dagegen als geordnete. Die Molekeln eines festen Körpers schwingen in den verschiedensten Richtungen, die eines Gases schwingen in allen möglichen Richtungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten durcheinander und bedingen damit seinen Wärmezustand. Dagegen besteht die Energie eines bewegten Körpers darin, daß seine Molekeln alle mit gleicher Geschwindigkeit in paralleler Richtung fortschreiten, die der Elektrizität und des Lichts wiederum in ganz regelmäßigen Schwingungen der kleinsten Körperteilchen. Nun ist aber Unordnung wahrscheinlicher als Ordnung: so wie sich, um ein Beispiel anzuführen, eine Mauer, deren Bausteine in bestimmter Ordnung zusammengefügt sind, wohl von selbst im Laufe der Zeit in einen wirren Trümmerhaufen verwandelt, nie aber von selbst wieder aus dem Trümmerhaufen das geordnete Gefüge der Mauer entsteht. Auf dieser größeren Wahrscheinlichkeit der Unordnung beruht nun die Vorliebe der Natur für positive Umwandlungen oder die Tendenz aller Energie, mehr und mehr in Wärme, d. h. ungeordnete Bewegung, überzugehen. Die Entropie selbst ergibt sich als mit dieser Wahrscheinlichkeit identisch.

Nimmt man das Gesetz als richtig an, so führt seine Anwendung auf das ganze Universum zu einem ganz eigentümlichen Ergebnis für dessen Fortentwicklung. Die Gesamtmenge der Energie in ihm ist wohl eine unveränderliche Größe, aber je mehr es in seiner Entwicklung fortschreitet, um so mehr wird diese sich in gleichmäßig verteilte Wärme umsetzen, und da diese Umsetzung unaufhaltsam und stetig in der gleichen Richtung vor sich geht,

so wird endlich alle Energie in Wärme von derselben Temperatur übergegangen, alle anderen Energieformen und alle Intensitätsunterschiede zwischen ihnen werden verschwunden sein, die Welt würde zwar noch bestehen, aber ohne jede Regung, ohne jedes Leben. Das ganze Naturgeschehen stände still. Man bezeichnet diesen Zustand als den Wärmetod der Natur.

Möglichkeit der Abwehr des Wärmetodes. Gegen dieses, aus dem Carnot-Clausiusschen Prinzip gezogene Resultat sind mehrfach Einwendungen erhoben worden, die wie stets der anthropomorphen Weltauffassung entspringen, daß die Natur einzig zum Nutzen und im Interesse der Menschheit ihre schaffende Kraft ausübe und es daher in ihr in aller Ewigkeit nur einen Fortschritt, nie aber einen Untergang geben dürfe. Diese Einwendungen bezweifeln einerseits die volle Gültigkeit des Prinzips, sowie auch seine Anwendbarkeit auf das ganze Universum.

Ein Zweifel knüpft an die Erklärung des Entropiesatzes als eines Ergebnisses von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen. Damit, sagt man, ist schon an sich die Möglichkeit auch entgegengesetzter Umwandlungen, die dem Carnotschen Prinzip widersprechen, gegeben. Der Definition der Wahrscheinlichkeit einer Erscheinung entspricht es nämlich, daß sie alle Fälle, unter denen sie ein- oder nicht auftritt, für gleich möglich hält und nur ausdrückt, daß, wenn die einen Fälle zahlreicher vorkommen als die anderen, das Verhältnis beider Zahlen zu der aller möglichen ein Maß gibt für die Berechtigung, das Eintreffen oder Nichtauftreten der Erscheinung mit größerer oder kleinerer Sicherheit zu erwarten. Zu einem Wahrscheinlichkeitsschluß gehört es daher auch, daß sie Ausnahmen zuläßt, mehr oder weniger. Sind in einer Urne unter 100 Kugeln 99 weiße und eine schwarze, so ist wohl die Wahrscheinlichkeit, eine weiße Kugel aus ihr zu ziehen, 99 mal größer als die eines Zuges einer schwarzen, aber immerhin ist die Möglichkeit vorhanden, auch einmal eine solche in die Hand zu erhalten. Der Wechsel der Naturerscheinungen muß also nicht notwendigerweise stets im Sinne der wachsenden Entropie und einer Abnahme der wirksamen verwandlungsfähigen Energie vor sich gehen, er kann im Laufe der Zeit, diese natürlich nach Millionen von Jahren gemessen, auch zu unwahrscheinlichen Zuständen, d. i. zur Erneuerung der freien

Doch sprechen gegen diese Anschauung eines unendlich großen Universums, abgesehen von der Unfaßbarkeit einer solchen Vorstellung, viele gewichtige Gründe. Sie liegen hauptsächlich in gewissen Schwierigkeiten, die sich der Ausdehnung der Anwendung mancher physikalischer Grundsätze auf sie entgegenstellen. Das Gesetz der Erhaltung der Energie, das von einer bestimmten und unveränderlichen Menge von Energie im ganzen Haushalt der Natur spricht, verliert seine Bedeutung bei seiner Anwendung auf den unendlich großen Raum mit unendlicher Massenerfüllung. Ebenso das Carnot-Clausiussche, das aussagt, daß diese unveränderliche Menge von Energie nicht stets ihrem ganzen Betrage nach umwandlungsfähig ist, sondern bei jedem Naturvorgang einen Wärmerest zurückläßt. Man weiß ferner, daß auch das Newtonsche Anziehungsgesetz bei einer solchen Übertragung auf den unendlichen Raum seine Gültigkeit verliert, durch die Überlegung, daß sonst die von den unendlich vielen Himmelskörpern auf einen von ihnen ausgeübten Kräfte ihrer Größe und Richtung nach völlig unbestimmbar wären und damit eine Stabilität des Systems ganz aussichtslos erscheint.

Man könnte, um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, annehmen, daß der sichtbare, d. h. für unsere astronomischen Hilfsmittel zugängliche Sternenhimmel eine Art von Insel von endlicher Ausdehnung aber im unendlichen Raume ist, eine Annahme, die neueren, besonders von v. Seeliger entwickelten und sich auf Sternzählungen gründenden Vorstellungen entspricht. Dabei ist es uns zunächst unbekannt, und dürfte vielleicht für immer unbekannt bleiben, ob der weite Raum außerhalb der Insel leer oder im Gegenteil mit anderen, dem unseren gleichen Sternsystemen erfüllt ist, die nur von ihm durch noch weniger vorstellbare Entfernungen getrennt erscheinen, als sie schon in unserem auftreten. Ist dies der Fall, dann haben wir ein endliches, in sich abgeschlossenes System vor uns, für welches die Gültigkeit beider physikalischen Hauptgesetze ebenso wie die der Newtonschen Gravitationskraft ohne jede Einschränkung zugegeben werden muß. Ein solches müßte einmal der Wärmetod ereilen, und es könnte vor ihm nur errettet werden durch die Annahme von Energiestrahlungen, die von den anderen außerdem noch vorhandenen Teilsystemen ausgehen, von unserem aufgenommen wer-

den und so vielleicht ein neues Aufsteigen der Entwicklung hervorrufen.

Die Relativitätstheorie. Eine weitere Möglichkeit, dem Wärmetod zu entgehen, bietet sich in der Forderung, die von der einem noch jüngeren Datum entspringenden Relativitätstheorie ausgeht und in der Annahme einer endlichen Welt in einem endlichen geschlossenen, aber doch unbegrenzten Raum besteht, in dem aber zu den drei Dimensionen der Erfahrung, Länge, Breite und Höhe, die Zeit als vierte gleichwertige Größe hinzukommt und alle vier zusammen die vier Dimensionen der Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit oder der absoluten Welt bilden. Zwei wesentliche Eigenschaften zeichnen diese neue Weltauffassung aus: 1. Die gensitige Anziehung der einzelnen Körper erscheint in ihr als eine Folge der durch die Anwesenheit der Materie erzeugten Änderungen ihrer Krümmungsverhältnisse, und 2. Energie und Materie sind einander identische Größen, so daß der Satz von der Unzerstörbarkeit der Masse mit dem Prinzip der Erhaltung der Energie zusammenfällt. So wie in der alten klassischen Mechanik von Galilei und Newton jede kräftelose Bewegung im gewöhnlichen empirischen Raum geradlinig und mit unveränderlicher Geschwindigkeit verläuft, so ist in dem neuen Raum überhaupt jede Bewegung, so verwickelt sie auch sonst sein mag, eine Trägheitsbewegung, die weder durch Reibung noch durch sonstige Widerstände irgendwelcher Art gedämpft werden kann. Sie findet also ewig statt, und es fragt sich nur, wie es sich in dieser gekrümmten Welt mit der Identität von Raum und Zeit und von Materie und Energie in ihr mit dem Carnot-Clausiusschen Prinzip verhält? Volle Klarheit ist hierüber noch nicht erzielt.

Endlich sei hier noch auf eine Möglichkeit hingewiesen: So wie es ehemals unseren Vorfahren wunderbar erschien, daß ein Mensch, der auf der kugeligen Erde fortwährend geradeaus geht, doch wieder zu seinem Ausgangspunkt zurückkomme, so dürfte es vielleicht auch einmal geschehen, daß der Mensch von der Erde weg in den Sternenraum eindringt, um nach langer Wanderung durch ihn wieder zur Erde zurückzukehren. Das ist zunächst für die aus der vierdimensionalen Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit herausgeschnittene rein räumliche, dreidimensionale und empirische Welt nicht so schwer verständlich, soweit wir uns über-

haupt einen gekrümmten Raum anschaulich vorstellen können. Aber bezieht sich, so würde die neue Frage entstehen, diese Wiederkehr auch auf die vierte Zeitkoordinate? Ist diese trotz der drei anderen, die endlich sind und in sich zurückkehren, so wie, um ein Beispiel anzuführen, alle geraden Linien auf der kugelförmigen Erdoberfläche in sich geschlossen sind, doch unendlich? Oder erstreckt sich diese Endlichkeit und dieses in sich Zurückkehren auch auf sie? Wäre dies der Fall, dann wäre der Verlauf des ganzen Weltgeschehens tatsächlich rein periodisch. Es bestünde in einem ununterbrochenen Auf- und Absteigen ohne einen endlichen Stillstand und eine Vernichtung der Früchte des ganzen bisherigen Strebens der Menschheit. Möge dieser etwas tröstliche Gedanke uns erbauen!

Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. Von Prof. Dr. *M. B. Weinstein.* 2. Aufl. (ANuG Bd. 223.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

„Trotz der gebotenen Kürze des Büchleins läßt uns der Verfasser einen so weitschweifenden Blick in die Ansichten der Menschheit über die Weltentstehung tun, wie dies in ähnlichem Umfange wohl von keinem anderen Buche über Kosmogonie geschieht." (Schulztg. f. N. orddeutschl.)

Himmelsbild und Weltanschauung im Wandel der Zeiten. Von Prof. Fr. Troels-Lund. Aut. Übersetzung von L. Bloch. 4. Aufl. Geb. M. 18.75

„. . . Es ist eine wahre Lust, diesem kundigen und geistreichen Führer auf dem nie ermüdenden Wege durch Asien, Afrika und Europa, durch Altertum und Mittelalter bis herab in die Neuzeit zu folgen." (Neue Jahrbücher für das klassische Altertum.)

Einführung in die vergleichende Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. K. Beth. (ANuG Bd. 658.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Eine Einführung in die Geschichte der Religion als Tatsache und Problem, in die Mannigfaltigkeit und das Wesen religiöser Lebens- und Erscheinungsformen.

Religion und Magie bei den Naturvölkern. Ein religionsgeschichtl. Beitrag z. Frage nach d. Anfängen d. Religion. V. Prof. Dr. K. Beth. Geh. M. 12.50, geb. M. 22.—

„. . . Beherrschung dieses bisher fremden Gebietes, seiner Gestaltungs- und Darstellungsgabe gebührt uneingeschränkte Bewunderung." (Deutsche Literaturzeitung.)

Leben und Lehre des Buddha. Von Prof. Dr. R. Pischel. 3. Aufl., durchg. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 2 Taf. (ANuG Bd. 109.) M. 6.80, geb. M. 8.80

Gibt eine auf den neuesten Ergebnissen der Forschung beruhende Darstellung des Buddhismus, dieser so oft mit dem Christentum verglichenen Lehre.

Die Religionen des Orients und die altgermanische Religion. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil I, Abt. III, 1.) 2. Aufl. Geh. M. 25.—, geb. M. 40.—.

Inhalt: Die Anfänge der Religion und die Religion der primitiven Völker: Edv. Lehmann. — Die ägyptische Religion: A. Erman. — Die asiatischen Religionen: Die babylonisch-assyrische Religion: C. Bezold. — Die indische Religion: H. Oldenberg. — Die iranische Relig.: H. Oldenberg. — Die Religion des Islams: I. Goldziher. — Der Lamaismus: A. Grünwedel. — Die Religion der Chinesen: J. J. M. de Groot. — Die Religionen der Japaner: a) Der Shintoismus. — K. Florenz, b) Der Buddhismus: H. Haas. — Die orientalischen Religionen in ihrem Einfluß auf den Westen im Altertum: Fr. Cumont-Gehrich. — Altgermanische Religion: A. Heusler.

Die oriental. Religionen im röm. Heidentum. Von Prof. Dr. F. Cumont. Autorisierte deutsche Ausgabe von G. Gehrich. 2. Aufl. Geh. M. 12.50, geb. M. 25.—

„Cumont, der verdienstvolle Erforscher des Mithraskultus, war auch ganz der Mann dazu diesen prächtig orientierenden Einblick in das brodelnde Durcheinander des Geisteslebens im Zeitalter der Religionswende zu geben. Ein Buch, zu dem man gerne zurückgeht." (Straßb. Post.)

Germanische Mythologie. Von Prof. Dr. J. von Negelein. 3. Aufl. (ANuG Bd. 95.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Ein anschauliches Bild germanischen Glaubenslebens unter steter Berücksichtigung der zu Grunde liegenden psychologischen Motive.

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Prof. Dr. E. Lehmann. 2. Aufl. (ANuG Bd. 217.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Verfolgt die Erscheinungen der Mystik von der primitivsten Kulturstufe durch die orientalischen Religionen bis zur griechischen Mystik, dann im Christentum, in der griechischen und römischen Kirche, bei Luther, den Quietisten und den Romantikern.

Die nichtchristlichen Kulturreligionen in ihrem gegenwärtigen Zustand. Von Prof. D. Dr. C. Clemen. I. Die japanischen und chinesischen Nationalreligionen. Der Jainismus und Buddhismus. II. Der Hinduismus, Parsismus und Islam. (ANuG Bd. 533/34.) Kart. je M. 6.80, geb. je M. 8.80

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Die in diesen Anzeigen angegebenen Preise sind die ab 1. Juli 1921 gültigen als freibleibend zu betrachtenden Ladenpreise, zu denen die meinen Verlag vorzugsweise führenden Sortimentsbuchhandlungen zu liefern in der Lage und verpflichtet sind, und die ich selbst berechne. Sollten betreffs der Berechnung eines Buches meines Verlages irgendwelche Zweifel bestehen, so erbitte ich direkte Mitteilung an mich.

Zur Astronomie erschien u. a.:

Astronomie. Unter Redaktion von Geh. Reg.-Rat Dr. *J. Hartmann,* Prof. a. d. Univ. Göttingen. Bearb. von *L. Ambronn, Fr. Boll, A. v. Flotow, F. K. Ginzel, K. Graff, P. Guthnick, J. Hartmann, J. v. Hepperger, H. Kobold, S. Oppenheim, E. Pringsheim †.* Mit 44 Abb. im Text u. 8 Tafeln. [VIII u. 638 S.] Lex. 8. 1921. (Die Kultur der Gegenwart hrsg. von Prof. Dr. *P. Hinneberg,* Berlin. Teil III, Abt. III, Bd. 3.) Geh. M. 95.—, geb. M. 115.—

Astronomisches Wörterbuch. Von Dr. *H. Naumann,* Observ. a. d. Sternwarte d. Univ. Leipzig. (Teubn. kl. Fachwörterbüch. Bd. 11.) [In Vorb. 1921.]

Astronomisches Weltbild im Wandel der Zeit. Von Dr. *S. Oppenheim,* Prof. a. d. Univ. Wien. I. Teil: Vom Altertum bis zur Neuzeit. 3. Aufl. Mit 18 Abb. im Text. [136 S.] 8. 1920. II. Teil: Moderne Astronomie. 2. Aufl. Mit 9 Fig. im Text u. 1 Tafel. [130 S.] 8. 1920. (ANuG Bd. 444/45.) Kart. je M. 6.80, geb. je M. 8.80

Sternglaube und Sterndeutung. Die Geschichte und das Wesen der Astrologie. Unter Mitwirk. von Geh. Rat Dr. *C. Bezold,* Prof. a. d. Univ. Heidelberg, dargestellt von Geh. Hofrat Dr. *Fr. Boll,* Prof. a. d. Univ. Heidelberg. 2. Aufl. Mit 1 Sternkarte und 20 Abb. [VIII u. 110 S.] 8. 1919. (ANuG Bd. 638.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Der Bau des Weltalls. Von Dr. *J. Scheiner,* weil. Prof. am astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam. 5. Aufl. bearb. von Dr. *P. Guthnick,* Prof. a. d. Univ. Berlin. Mit 28 Figuren i. Text. [120 S.] 8. 1920. (ANuG Bd. 24.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Die Sonne. Von Dr. *A. Krause,* Studienrat am Nikolaigymnasium in Leipzig. Mit 64 Abb. im Text u. auf 1 Tafel in Buntdruck. [IV u. 126 S.] 8. 1911. (ANuG Bd. 357.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Der Mond. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. *J. Franz,* weil. Dir. d. Univ.-Sternwarte zu Breslau. 2. Aufl. Mit 34 Abb. im Text und auf 2 Doppeltafeln. [IV u. 120 S.] 8. 1912. (ANuG Bd. 90.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Die Planeten. Von Dr. *B. Peter,* weil. Prof. a. d. Univ. Leipzig. 2. Aufl., durchges. von Dr. *H. Naumann,* Observator a. d. Univ.-Sternwarte zu Leipzig. Mit 16 Fig. i. Text. [125 S.] 8. 1920. (ANuG Bd. 240.) Kart. M. 6.80, geb. M. 8.80

Theorie der Planetenbewegung. Von Dr. *P. Meth,* Studienrat a. Städt. Realgymnasium in Charlottenburg. Mit 14 Fig. 2., umg. Aufl. 1921. (Math.-phys. Bibl. Bd. 8.) Kart. M. 5.—

Über das System der Fixsterne. Aus populären Vorträgen. Von Geh. Rat Prof. Dr. *K. Schwarzschild,* weil. Dir. d. astrophysikalisch. Observatoriums zu Potsdam. 2. Aufl. Mit 13 Textfiguren. [44 S.] gr. 8. 1916. Geh. M. 3.—

Mathematische Streifzüge durch die Geschichte der Astronomie. Von Dr. *P. Kirchberger,* Studienrat a. d. Leibniz-Oberrealschule in Charlottenburg. Mit 22 Fig. im Text. [IV u. 54 S.] 8. 1921. (Math.-phys. Bibl. Bd. 40.) Kart. M. 5.—

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Preise freibleibend

Grundzüge der Länderkunde

Von Prof. Dr. A. Hettner. 2 Bde. m. 466 Kärtchen, 4 Taf. u. Diagr. i. T.
I.: Europa. 3., verb. Aufl. Geh. M. 11.–, in Ganzl. M. 13.–. II.: Die außereuropäischen Erdteile. 1. u. 2. Aufl. Geh. M. 14.20, in Ganzleinen M. 16.–

„Hier haben wir das, was uns gefehlt hat, ein Buch von Meisterhand geschrieben, für die weiten Kreise der Gebildeten. Das Werk ist reich an neuen Gedanken. Ein Prachtstück ist z. B. der großartige Überblick über die politische Geschichte Europas vom geographischen Standpunkt gesehen." (München-Augsburger Abendzeitung.)

Allgemeine Wirtschafts- u. Verkehrsgeographie

Von Prof. Dr. K. Sapper. Mit 70 kartograph. Darstellungen. Geb. M. 12.–

In diesem Handbuch, das die Weltwirtschaft und den Weltverkehr in ihrer heutigen Ausdehnung auf der ihnen von der Natur gegebenen Grundlage und in ihrem geschichtlichen und kulturellen Zusammenhange zur Darstellung bringt, werden Produktion, Handel und Verkehr über die ganze Erde hin verfolgt.

Anthropologie

Unt. Red. v. Geh. Med.-Rat Prof. Dr. G. Schwalbe u. Prof. Dr. E. Fischer. M. 29 Abb.-Taf. u. 98 Abb. i. T. (Die Kultur d. Gegenw., hrsg. v. Prof. Dr. P. Hinneberg. Teil III, Abt. V.) M. 26.–, geb. M. 29.–, in Halbl. M. 34.–

Auf ihrem Gebiete führende Forscher haben sich in dem großangelegten, mit zahlreichen Originalabbildungen ausgestatteten Werke zu einer Gesamtdarstellung der Anthropologie, Völkerkunde und Urgeschichte zusammengefunden, der nach ihrem wissenschaftlichen Werte und ihrer Bedeutung für die Allgemeinheit nichts Gleiches an die Seite gestellt werden kann.

Physik

Unt. Red. v. Hofrat Prof. Dr. E. Lecher. 2., verb. u. verm. Aufl. Mit 116 Abb. (Die Kultur d. Gegenw., hrsg. v. Prof. Dr. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, Bd. 1.) Geh. M. 34.–, geb. M. 36.–, in Halbleder M. 41.—

Das Erscheinen einer Neubearbeitung des Bandes, der eine für den Fachmann wie den für physikalische Probleme interessierten gebildeten Laien gleich wertvolle Darstellung gibt, wird bei der zunehmenden Bedeutung, die die Physik für viele Gebiete wie für die Ausgestaltung und Vereinheitlichung unseres Weltbildes gewonnen hat, besonders begrüßt werden, um so mehr als sich in ihr zahlreiche namhafte Physiker Deutschlands wieder mit den bedeutendsten Vertretern des Auslandes in gemeinsamer Arbeit vereinigt haben.

Teubners Naturwissenschaftliche Bibliothek

„Die Bände dieser vorzüglich geleiteten Sammlung stehen wissenschaftlich so hoch und sind in der Form so gewiegt und so ansprechend, daß sie mit zum Besten gerechnet werden dürfen, was in volkstümlicher Naturkunde veröffentlicht worden ist." (Natur.)

Verzeichnis vom Verlag, Leipzig, Poststraße 3, erhältlich.

Mathematisch-Physikalische Bibliothek

Hrsg. v. W. Lietzmann u. A. Witting. Jed. Band M. 1.–, Doppelbd. M. 2.–

Band 50

Der Gegenstand der Mathematik im Lichte ihrer Entwicklung

Von Oberstudienrat Dr. H. Wieleitner

Das 50. Bändchen der Bibliothek will einen Überblick über das Gesamtgebiet geben, für das sie seinerzeit begründet wurde. Es will aufzeigen, wie die heutige Mathematik geworden ist und was sie will. Der hierzu besonders berufene Verfasser weiß in anschaulicher Weise die sachliche mit der geschichtlichen Entwicklung zu verbinden. Er läßt den Leser, der keiner besonderen Vorkenntnisse bedarf, zunächst das ganze Gebiet überschauen, um ihn dann, von der ja schon hoch entwickelten Mathematik der Griechen ausgehend, der modernen Mathematik zuzuführen und diese in ihren Hauptgebieten: Algebra, Geometrie und höherer Analysis näher zu betrachten. Zum Schluß wird in einem „Mathematik und Wirklichkeit" überschriebenen Kapitel gezeigt, wieso eine Anwendung der Mathematik auf die Naturerscheinungen möglich ist und in welcher Art sie erfolgt.

Vollständiges Verzeichnis vom Verlag in Leipzig, Poststraße 3, erhältlich

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

II 566

Teubners kleine Fachwörterbücher

geben rasch und zuverlässig Auskunft auf jedem Spezialgebiete und lassen sich je nach den Interessen und den Mitteln des einzelnen nach und nach zu einer Enzyklopädie aller Wissenszweige erweitern.

„Mit diesen kleinen Fachwörterbüchern hat der Verlag Teubner wieder einen sehr glücklichen Griff getan. Sie ersetzen tatsächlich für ihre Sondergebiete ein Konversationslexikon und werden gewiß großen Anklang finden." (Deutsche Warte.)

„Die Erklärungen sind sachlich zutreffend und so kurz als möglich gegeben, das Sprachliche ist gründlich erfaßt, das Wesentliche berücksichtigt. Die Bücher sind eine glückliche Ergänzung der Bände „Aus Natur und Geisteswelt" des gleichen Verlags. Selbstverständlich ist dem neuesten Stande der Wissenschaft Rechnung getragen." (Sächsische Schulzeitung.)

Bisher erschienen:

Philosophisches Wörterbuch von Studienrat Dr. P. Thormeyer. 3. Aufl. (Bd. 4.) Geb. M. 4.—

Psychologisches Wörterbuch von Privatdozent Dr. F. Giese. Mit 60 Fig. (Bd. 7.) Geb. M. 3.20

Wörterbuch zur deutschen Literatur von Studienrat Dr. H. Röhl. (Bd. 14.) Geb. M. 3.60

*__Volkskundliches Wörterbuch__ von Prof. Dr. E. Fehrle.

Musikalisches Wörterbuch von Prof. Dr. H. J. Moser. (Bd. 12.) Geb. M. 3.20

*__Kunstgeschichtliches Wörterbuch__ von Dr. H. Vollmer. (Bd. 16.)

Physikalisches Wörterbuch von Prof. Dr. G. Berndt. Mit 81 Fig. (Bd. 5.) Geb. M. 3.60

Chemisches Wörterbuch von Prof. Dr. H. Remy. Mit 15 Abb. u. 5 Tabellen. (Bd. 10/11.) Geb. M. 8.60, in Halbleinen M. 10.60

*__Astronomisches Wörterbuch__ von Dr. J. Weber. (Bd. 13.)

*__Geologisch-mineralogisches Wörterbuch__ von Dr. C. W. Schmidt. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 6.)

Geographisches Wörterbuch von Prof. Dr. O. Kende. Allgem. Erdkunde. Mit 81 Abb. (Bd. 8.) Geb. M. 4.60

Zoologisches Wörterbuch von Direktor Dr. Th. Knottnerus-Meyer. (Bd. 2.) Geb. M. 4.—

Botanisches Wörterbuch von Prof. Dr. O. Gerke. Mit 103 Abb. (Bd. 1.) Geb. M. 4.—

Wörterbuch der Warenkunde von Prof. Dr. M. Pietsch. (Bd. 9.) Geb. M. 4.60

Handelswörterbuch von Handelsschuldirektor Dr. V. Sittel und Justizrat Dr. M. Strauß. Zugleich fünfsprachiges Wörterbuch, zusammengestellt von V. Armhaus, vereid. Dolmetscher. (Bd. 9.) Geb. M. 4.60

*__Sportwörterbuch.__ Unter Mitwirkung zahlreicher Sportsleute herausgegeben von Dr. H. B. Müller, Vorsitzender des Leipziger Sportclubs.

* [in Vorbereitung bzw. unter der Presse 1925]

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

RETURN TO: CIRCULATION DEPARTMEI
198 Main Stacks

LOAN PERIOD 1 Home Use	2	3
4	5	6

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS.
Renewals and Recharges may be made 4 days prior to the due date.
Books may be renewed by calling 642-3405.

DUE AS STAMPED BELOW.

OCT 2 9 2003

FORM NO. DD6
50M 6-00

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
94720–6000